



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL PROCESO DE
DESGRANADO DE MAÍZ DE LA COSTA”**

UREÑA ESPIN JOEL FROILAN

VILLAVICENCIO CALLE JUAN MIGUEL

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

RIOBAMBA – ECUADOR

2012

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

Marzo, 07 de 2012

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

UREÑA ESPIN JOEL FROILAN

Titulada:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL PROCESO DE
DESGRANADO DE MAÍZ DE LA COSTA”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Pablo Fierro
DIRECTOR DE TESIS

Ing. José Paredes
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

Marzo, 07 de 2012

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

VILLAVICENCIO CALLE JUAN MIGUEL

Titulada:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL PROCESO DE
DESGRANADO DE MAÍZ DE LA COSTA”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Pablo Fierro
DIRECTOR DE TESIS

Ing. José Paredes
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: Ureña Espin Joel Froilan

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL PROCESO DE DESGRANADO DE MAÍZ DE LA COSTA”

Fecha de Examinación: Marzo, 07 de 2012

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Telmo Moreno. (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Pablo Fierro (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. José Paredes (ASESOR)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: Villavicencio Calle Juan Miguel

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL PROCESO DE DESGRANADO DE MAÍZ DE LA COSTA”

Fecha de Examinación: Marzo, 07 de 2012

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Telmo Moreno. (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Pablo Fierro (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. José Paredes (ASESOR)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece ala Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

f) Villavicencio Calle Juan Miguel

f) Ureña Espin Joel Froilan

DEDICATORIA

Dedico principalmente a Dios que me bendijo con su sabiduría, a mis padres Manuel Villavicencio y Matilde Calle que siempre me brindaron su apoyo, su confianza y su amor incondicional, a mi hermana Eliana Villavicencio, y a mi novia Johanna Solano que me impulso a seguir adelante

Villavicencio Calle Juan Miguel

Dedico a Dios, a mis padres Rodrigo Ureña y Emma Espin, a mi esposa Jennifer Torres, a toda mi familia y todos los profesores de la gloriosa Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica que me brindaron su conocimiento para cumplir con esta gran etapa de mi vida.

Ureña Espin Joel Froilan

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento a Dios quien permitió que la ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA brindara la sabiduría y la consistencia de su personal docente y administrativo para con nosotros , y de esta manera prepararnos y fortalecernos para cumplir con esta gran meta dentro de una etapa más de nuestras vidas, la misma que dará como frutos nuestra lucha continua de aprendizaje y enseñanza para ayudar a nuestra comunidad y entorno en problemas diarios, logrando enorgullecer a nuestra gloriosa Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

También a nuestras familias que siempre confiaron en nosotros y nos supieron comprender apoyar y guiar sabiamente en todo momento, para aprovechar esta gran oportunidad que ellos nos brindaran.

Al Ing. Pablo Fierro por la tutoría y sobre todo con su apoyo incondicional para la realización de esta tesis.

Ureña Espin Joel Froilan

Villavicencio Calle Juan Miguel

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación Técnica Económica.....	1
1.2.1 Justificación Técnica.....	1
1.2.2 Justificación Económica.....	1
1.2.3 Justificación Social.....	2
1.2.4 Justificación Ecológica.....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
2. ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DEL MAÍZ DE LA COSTA	
2.1 Marco teórico sobre el maíz.....	3
2.1.1 Introducción.....	3
2.1.2 Características morfológicas.....	3
2.1.3 Tipos de maíz.....	3
2.1.3.1 Dentado.....	4
2.1.3.2 Lisos.....	4
2.1.3.3 Harinosos.....	4
2.1.3.4 Dulces.....	4
2.1.3.5 Pisingallo.....	4
2.1.3.6 Hornamentales.....	4
2.1.3.7 Maíz para usos especiales.....	4
2.2 Tipo de desgranado que se presenta en el medio.....	5
2.2.1 Desgranado de maíz.....	5
2.2.2 Desgranado a mano.....	5
2.2.3 Desgranado con máquinas manuales.....	6
2.2.3.1 Desgranado manual de maíz con útil de madera.....	6
2.2.3.2 Desgranado manual con grapas.....	7
2.2.3.3 Desgranadora manual de lámina metálica.....	8
2.2.4 Desgranadora mediante máquinas eléctricas.....	8
2.2.5 Desgranado con máquinas de combustión.....	9
2.3 Ensayos en el laboratorio para el análisis del comportamiento del maíz.....	9
2.3.1 Características técnicas del maíz.....	9
2.3.2 Características físicas del maíz.....	10
2.3.3 Características físicas del grano.....	11
2.3.4 Características mecánicas de la mazorca.....	12
2.3.4.1 Ensayo de fricción.....	12
2.3.4.2 Determinación de la humedad.....	14
2.4 Características mecánicas del grano.....	19
2.4.1 Ensayo para determinar la resistencia a la compresión del grano.....	19
2.4.2 Ensayo para determinar dureza en el grano.....	21
2.4.2.1 Procedimiento.....	21
2.4.3 Ensayo para determinar el impacto.....	23
2.4.3.1 Procedimiento.....	23
2.4.4 Ensayo para determinar la fuerza de arranque del grano.....	24
2.4.4.1 Procedimiento.....	25
3. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA Y SELECCIÓN DE LOS DIFERENTES MECANISMOS QUE CONFORMARÍAN LA MÁQUINA DESGRANADORA	
3.1 Detalle de cada una de las partes que conforman la máquina.....	26
3.2 Descripción de funcionamiento e importancia de cada una de las partes de la máquina.....	26

3.2.1	Sistema receptor de Mazorcas.....	28
3.2.1.1	Sistema receptor estático.....	28
3.2.1.2	Sistema receptor por vibración.....	30
3.2.2	Sistema de desgranador.....	31
3.2.2.1	Desgranador con dientes de espiga.....	31
3.2.2.2	Desgranador de platinas helicoidales.....	32
3.2.2.3	Desgranador de disco dentado.....	32
3.2.2.4	Desgranador Bar Escofia (cilindro desgranador dentado).....	33
3.2.2.5	Desgranador dientes de clavija.....	33
3.2.2.6	Desgranador cilíndrico de rosca en espiral.....	34
3.2.2.7	Trilladora cilíndrica con roscado axial.....	34
3.2.3	Sistema de transmisión.....	35
3.2.4	Fuente de energía.....	36
3.2.5	Sistema separador de producto.....	37
3.2.5.1	Sistema de salida por una boca.....	37
3.2.5.2	Sistema de salida por dos bocas.....	37
3.2.5.3	Sistema de salida por tres bocas.....	37
3.2.6	Sistema de limpieza.....	38
3.2.6.1	Ventilación dependiente.....	38
3.2.6.2	Ventilación independiente.....	39
3.3	Descripción del sistema de cierre y apertura de la descarga del producto.....	39
3.4	Selección de tipo de desgranado.....	40
3.5	Determinación del tipo de diseño a realizar en la máquina para el proceso de desgranado de maíz de la costa.....	41
4.	DISEÑO DE LA MÁQUINA	
4.1	Diseño del rotor de la recámara.....	42
4.1.1	Diseño del eje de transmisión.....	42
4.1.1.1	Cálculo de Reacciones y Momentos.....	43
4.1.1.2	Cálculo de Esfuerzos: Esfuerzos de Flexión y de Torsión.....	45
4.1.1.2.1	Esfuerzo de Flexión.....	45
4.1.1.2.2	Esfuerzo de Torsión.....	45
4.1.1.2.3	Esfuerzos Equivalentes: Von-Misses (Esfuerzos combinados).....	46
4.1.1.2.4	Límite de Fatiga.....	46
4.1.2	Diseño de las placas desgranadoras.....	48
4.1.3	Diseño de la chaveta del eje.....	56
4.1.3.1	Cálculo del esfuerzo de corte.....	57
4.1.3.2	Cálculo del esfuerzo de aplastamiento en el chavetero.....	59
4.1.4	Selección de chumaceras.....	59
4.1.4.1	Cálculo del factor de esfuerzo estático.....	60
4.1.4.2	Cálculo de los rodamientos solicitados dinámicamente.....	61
4.2	Diseño del estator de la recámara.....	62
4.3	Diseño y selección del tipo de transmisión.....	63
4.3.1	Especificaciones.....	63
4.3.1.1	Capacidad de desgrane.....	63
4.3.1.2	Relación de Velocidad.....	64
4.3.1.3	Potencia Corregina.....	65
4.3.1.4	Dimencionamiento de polea motriz y conducida.....	65
4.3.1.5	Cálculo de distancia entre centros.....	66
4.3.1.6	Cálculo de la longitud primitiva de la banda.....	66
4.3.1.7	Determinación de la notación de banda.....	67
4.3.1.8	Determinación del ángulo de contacto en la polea menor y mayor.....	67
4.3.2	Calculo de la potencia transmisible por banda.....	68
4.3.3	Cálculo del número de bandas.....	69
4.3.4	Verificación de la velocidad.....	69
4.3.5	Factor de seguridad.....	69
4.3.6	Cálculo de las fuerzas en la transmisión por bandas.....	70
4.3.7	Cálculo del número de pasadas.....	71
4.3.8	Vida de la banda.....	71

4.3.9	Diseño del sistema de limpieza.....	73
4.3.9.1	Análisis de potencia para el ventilador.....	80
4.4	Diseño de la tolva.....	83
4.4.1	Cálculo de volumen de mazorca.....	84
4.4.2	Diseño de pernos en la placa base del sistema receptor.....	85
4.5	Diseño de la bancada.....	89
5.	CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA PARA EL PROCESO DE DESGRANADO DE MAÍZ DE LA COSTA	
5.1	Diseño de proceso.....	99
5.2	Análisis y ejecución e tiempos.....	99
5.3	Plan de producción.....	101
5.3.1	Curso grama sinóptico de construcción.....	101
5.3.2	Operación de ensamblaje.....	102
5.3.3	Cronograma sinóptico de ensamblaje.....	102
5.4	Selección de materiales.....	104
5.5	Construcción y ensamblaje de la máquina.....	105
5.5.1	Máquinas y herramientas utilizadas.....	105
5.6	Guía de operación y mantenimiento.....	107
5.6.1	Guía de operación.....	107
5.6.2	Mantenimiento.....	107
5.6.2.1	Periodos de Mantenimiento.....	108
5.6.2.1.1	Inspección diaria.....	108
5.6.2.1.2	Inspección semanal.....	108
5.6.2.1.3	Inspección mensual.....	109
5.6.2.1.4	Inspección semestral.....	109
5.6.2.2	Operación de desmontaje.....	109
5.6.3	Lubricación.....	110
6.	ANÁLISIS DE COSTOS	
6.1	Análisis de costos.....	111
6.1.1	Costos directos.....	111
6.1.1.1	Costos de materiales.....	111
6.1.1.2	Costos de mano de obra.....	112
6.1.1.3	Costos de equipos y herramientas.....	113
6.1.1.4	Costos por transporte de materiales.....	113
6.1.1.5	Costos directos.....	113
6.1.2	Costos indirectos.....	113
6.1.2.1	Costos ingenieriles.....	113
6.1.3	Costos totales.....	114
6.1.4	Depreciación.....	115
6.1.4.1	Cálculo de la depreciación.....	115
6.1.4.2	Valor de salvamento.....	115
6.1.4.3	Método de la línea recta.....	115
6.1.4.4	Determinación del costo de combustible.....	116
6.1.4.5	Determinación del beneficio de producción.....	117
6.2	Cálculo del TIR y el VAN.....	117
6.2.1	Cálculo del VAN (Valor Actual Neto).....	118
6.2.2	Cálculo del TIR (Tasa Interna de Retorno).....	119
7.	PRUEBAS	
7.1	Pruebas de desgranado de maíz.....	121
7.1.1	Prueba de desgrane a mano.....	121
7.1.2	Prueba de desgrane con la máquina.....	121
7.1.3	Resultado de desgrane.....	122
7.1.3.1	Tabulación de datos con pruebas de desgranado a mano.....	122
7.1.3.2	Tabulación de datos con pruebas de desgranado con la máquina.....	122
7.2	Pruebas de resistencia.....	125
7.3	Control de calidad general.....	125

8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
8.1	Conclusiones.....	127
8.2	Recomendaciones.....	127

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

		Pág.
1	Datos físicos de diferentes tipos de maíz.....	11
2	Especificaciones físicas de un grano de maíz de la costa.....	12
3	Características físicas del maíz de la costa.....	14
4	Resistencia a la compresión del grano de la costa.....	20
5	Dureza del maíz duro de la costa.....	22
6	Velocidad y energía de impacto para un grano de maíz de la costa.....	24
7	Fuerza de arranque de maíz de la costa.....	25
8	Selección de alternativas.....	40
9	Dimensionamiento de la chaveta.....	57
10	Restricciones.....	91
11	Análisis y ejecución de tiempos.....	99
12	Ensamblaje.....	102
13	Materiales.....	104
14	Maquinaria y herramientas.....	105
15	Herramientas y accesorios empleados en la construcción.....	106
16	Costos de materiales.....	111
17	Costo de mano de obra.....	112
18	Costo de equipos y herramientas.....	113
19	Costos directos.....	113
20	Costos ingenieriles.....	114
21	Costo indirecto.....	114
22	Costos totales.....	114
23	Depreciación anual de la máquina.....	116
24	Desgranado a mano con peso en función del tiempo.....	122
25	Tabulación desgranado con máquina.....	122
26	Costos comparativos de desgrane a mano y máquina.....	124

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
1	Desgranado a mano.....	6
2	Desgranadora de madera hueca.....	7
3	Tabla de espigas para desgranar maíz.....	7
		8
4	Desgranadora manual para maíz duro.....	9
5	Desgranadora eléctrica.....	9
6	Desgranadora con motor a gasolina.....	9
7	Dimensiones de la mazorca de maíz.....	10
8	Dimensiones del grano de maíz.....	11
9	Ensayo de fricción.....	12
10	Estufa de secado.....	16
11	Rayos infrarojos.....	17
12	Método por destilación.....	18
13	Determinador de humedad “Latata”.....	19
14	Ensayo de compresión.....	20
15	Dureza Vickers.....	22
16	Prueba de velocidad de impacto.....	23
17	Prueba de arranque de maíz.....	25
18	Descripción de componentes de la máquina.....	26
19	Tolva.....	28
20	Tipos de Tolva.....	29
21	Caída de mazorcas en tolvas abiertas de doble inclinación.....	30
22	Desgranado de dientes de espiga.....	31
23	Sheller, Escofina Bar.....	33
24	Desgranador dientes de clavija.....	34
25	Desgranador cilíndrico de rosca espiral.....	34
26	Desgranador cilíndrico roscado axial.....	35
27	Ventilador centrifugo.....	38
28	Composición de alternativas.....	41
29	Detalles de la transmisión por banda.....	43
30	Diagrama de cuerpo libre.....	44
31	Diagrama de cortante.....	44
32	Diagrama de momento.....	44
33	Diagrama de esfuerzo Flexión.....	45
34	Diagrama esfuerzo torsión.....	46
35	Diagrama placa desgranadora.....	48
36	Diagrama de áreas de la placa desgranadora.....	48
37	Diagrama de cuerpo libre placa desgranadora.....	50
38	Diagrama de cortante.....	51
39	Diagrama de momentos.....	51
40	Dimensiones de cara plana de placa desgranadora.....	52
41	Esfuerzo de corte.....	52
42	Placa sometida a flexión.....	53
43	Esfuerzo de flexión.....	54
44	Descripción de la placa.....	55
45	Dimensionamiento de la chaveta.....	57
46	Cilindro perforado.....	63
47	Diagrama de Fuerzas.....	72
48	Flujo de aire para arrastrar impurezas.....	77

49	Diagrama de aspas del ventilador.....	79
50	Dimensiones de voluta y diagrama del ventilador.....	80
51	Relación de velocidades en la periferia del rotor.....	80
52	Descripción del sistema receptor.....	85
53	Detalle de ubicación de pernos.....	86
54	Representación del perno.....	87
55	Estructura o bancada de la máquina.....	89
56	Selección del tipo de material.....	90
57	Tipo de contacto.....	90
58	Sujeciones.....	91
59	Cargas.....	92
60	Cargas.....	92
61	Momentos.....	93
62	Diagrama con todas las cargas aplicadas.....	93
63	Mallado.....	94
64	Componentes de Tensión.....	96
65	Desplazamientos.....	96
66	Factor de seguridad.....	97
67	Datos de la estructura.....	98
68	Ingresos y egresos por año.....	118
69	i% vs VPN.....	120
70	Capacidad de desgrane (qq/hh) eb función del tipo de desgrane.....	123
71	Rompimiento de grano en lb/qq de maíz desgranado.....	123
72	Comparación de cantidad de desgrane.....	124

LISTA DE SÍMBOLOS

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
Dm	Diámetro de mazorca
Dz	Diámetro de zulo
Lm	Longitud de mazorca
hg	Altura de grano en cm
eg	Espesor de grano en cm
Rbg	Radio de la base circular del grano
PT	Peso del agua+ peso de la materia seca (peso total del grano)
Pi	Peso de la muestra antes del secado
Pf	Peso de la muestra después del secado
Db	Diámetro de bola
Fp	Carga
Vi	Velocidad de impacto
G	Gravedad
hi	Altura
P m/h	Peso de mazorcas en Kg/h
P g/h	Peso de granos.
Ma	Porcentaje total de peso en 100% de las mazorcas
P m	Peso de una sola mazorca
Pot	Potencia del motor
T	Torque
N	Número de revoluciones
M	Momento Máximo
d	Diámetro del eje
S y	Límite de elasticidad
S ut	Límite de ruptura
Se	Límite fatiga

A_t	Area total de la placa
V_t	Volumen total de la placa
e	Espesor de la placa
W	Peso
δ_{material}	Densidad del material
q	Carga distribuida
F	Fuerza necesaria para arrancar el grano
l	Altura de la placa
τ	Esfuerzo de corte
V	Fuerza de corte
A	Área de corte
σ_{Flexion}	Esfuerzo de flexión
f_s	Factor de esfuerzo estático
$C_{\text{requerido}}$	Capacidad de carga estática requerida
P_0	Carga estática equivalente
X_0	Factor de carga radial
F_r	Carga radial
Y_0	Factor de carga axial
F_a	Carga axial
ρ	Exponente de duración
f_z	Factor de corrección para transmisión
P	Carga equivalente
θ_2	Angulo de garganta de la polea menor
D_2	Diámetro de la polea menor
D_3	Diámetro de la polea mayor
θ_3	Angulo de contacto de la polea mayor
P_b	Prestación Base
P_d	Prestación adicional
C_x	Factor de corrección para arcos de contacto
C_L	Factor de corrección por tipo de correa
P_a	Potencia transmitida por banda.

K_s	Factor de servicio
N_b	Numero de bandas
T_1	Tensión en el lado flojo
T_2	Tensión en el lado tenso
V	Velocidad Lineal
μ	Coefficiente de fricción entre la banda de cuero y la polea de aluminio.
β	Mitad del ángulo de garganta
θ	Angulo de contacto en la polea
e	Constante logarítmica natural.
F_a	Fuerza ascendente del aire
c :	Coefficiente a dimensional de conformado
A_e	Área de proyección perpendicular a la partícula
V_y	Velocidad de ascenso del polvo
ρ_a	Densidad de aire
b_2	Ancho de aspa
b	Ancho de la voluta
P_{ev}	Potencia requerida en el ventilador
$V_{\text{salvamento}}$	Valor de salvamento
V_{inicial}	Costo inicial de la máquina
n	Tiempo de vida útil de la máquina
N	Tiempo de depreciación
C_{diario}	Consumo diario de combustible
N_h	Número de horas de trabajo de la máquina
VAN	Valor Actual neto en dólares
P/A	Coefficiente del valor presente de una distribución uniforme.
P/F	Coefficiente del valor presente de una cantidad futura.
$\%$	Porcentaje a calcular
n	Tiempo en años
TIR	Porcentaje tasa interna de retorno.
$\Delta i\%$	Variación del porcentaje entre cantidad positiva y negativa)
$i\%$	Porcentaje último de la variación de cantidades.
VAN^-	Valor actual neto de la cantidad negativa
G_R	Cantidad de granos rotos
G_S	Cantidad de granos sanos
U_{rend}	Rendimiento de la máquina desgranadora

LISTA DE ANEXOS

A	Tabla para calcular dureza Vickers
B	Datos de fabricante de motor Briggsstratton
C	Factor de acabado superficial, factor de tamaño y factor de confiabilidad.
D	Propiedades mecánicas de los materiales
E	Dimensiones estandarizadas de chavetas
F	Catálogos FAG
G	Constante de servicio C
H	Elección de sección de correa
I	Diámetros primitivos mínimos en función del ángulo de garganta
J	Diámetros primitivos en mm
K	Correas trapeciales
L	Prestación de correas trapeciales
M	Factores de corrección Cx
N	Factores de corrección Cl
O	Factor Ks
P	Factor K, b
Q	Tipo de rotor para ventiladores centrífugos radiales
R	Curvas de eficiencia para ventiladores centrífugos
S	Propiedades de los gases
T	Coeficiente a dimensional de forma
U	Velocidad de flujo de aire respecto a la boquilla
V	Criterio de Wiesmann para determinar la caída de presión
W	Características de rosca unificadas UNC y UNF
X	Tablas de factores de interés compuesto
Y	Normas de tolerancia máximas para la comercialización del maíz
Z	Propiedades físicas del aire

RESUMEN

La tesis Diseño y Construcción de una Máquina para el Proceso de Desgranado de Maíz de la Costa, es obtener una máquina desgranadora eficiente, de desgrane limpio y que sea de peso bajo para facilitar la transportación, el diseño satisface estos requerimientos, la máquina posee un sistema formado por un eje con placas soldadas dispuestas en forma de tornillo sin fin, un cilindro perforado alrededor de las placas genera fricción desprendiendo el maíz del zulo comúnmente llamado “tuza”, un ventilador separará el grano de los desperdicios, como resultado se obtiene maíz listo para comercializar.

Su diseño compacto que facilita el transporte, permite un desgrane limpio, eficiente y de bajo costo. Las partes fueron diseñadas y construidas de acuerdo a los manuales de diseño, seleccionando materiales adecuados, que garantice un factor de seguridad mínimo recomendado.

Las pruebas se realizaron con maíz de diferentes porcentajes de humedad, determinando el correcto desgrane el cualquiera de estas condiciones, lo que significa que sus partes funcionan de acuerdo al propósito de diseño, esto es un golpe que no rompe el maíz pero que si lo desprende de la tuza y un ventilador que expulsa con suficiente fuerza los residuos de acuerdo al objetivo planteado.

El aporte social, científico y tecnológico radica n el hecho de que esta máquina presta servicio a toda una comunidad y su diseño es mejorado tecnológicamente respecto de máquinas existentes en el mercado.

Como parte del trabajo de tesis se implementó tutoriales de montaje, desmontaje, mantenimiento y limpieza para asegurar la correcta utilización de la máquina y prolongar su vida útil.

ABSTRACT

The thesis of Design and Construction of a Machine for Corn Shelling Process Coast, get a threshing machine is efficient, clean and shattering it low weight for easy transportation, the design satisfies these requirement, the machine has a system consisting of a shaft with welded plates arranged in a screw, around a perforated cylinder generates friction plates, releasing the zulo corn commonly called “tuza”, a separate fan grain waste, as a result corn gets ready to market.

The compact design which facilitates transport, shattering enables clean, efficient and inexpensive. The parts were designed and built according to the design manuals, selecting suitable materials, to ensure a minimum safety factor recommended.

The tests were conducted with different percentages of corn moisture, determining the correct shattering in any of these conditions which means that parts function according to the purpose of design, this is a blow that does not break the corn but it follows the tuza and a fan with enough force that expels waste according to the objective.

The social contribution of science and technology lies in the fact that this machine serves an entire community and its design is technologically improved on existing machines on the market.

As part of the thesis work was implemented tutorials assembly, disassembly, maintenance and cleaning to ensure proper use of the machine and prolong its life.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, en el sector conocido como pre cooperativa Luz de América ubicada en el Km 23 ramal 1, los finqueros de la zona tienen un gran inconveniente en el desgranado de maíz ya que las 2 máquinas que se alquilan presentan problemas, la primera con demasiado desperdicio y la segunda con la velocidad ya que es muy lenta para este proceso, debido a este inconveniente el maíz se desperdicia en grandes cantidades ya que el mismo se destruye durante el proceso de desgranado, por ello se requiere disponer en propiedad de la pre cooperativa una desgranadora de maíz de la costa (maíz amarillo) , esta máquina deberá tener gran eficiencia sin desperdicio de grano y en lo posible se reducirá el costo de la máquina. De esta manera para los integrantes de la pre cooperativa será un ahorro en el alquiler de la máquina y en el menor desperdicio de material.

1.2 Justificación técnico económica

1.2.1 Justificación Técnica El Diseño y construcción de la máquina para el proceso de desgranado de maíz de la costa busca facilitar la operación de mantenimiento de sus partes integrantes, la disminución del tiempo de desgrane del maíz y la versatilidad para experimentar diferentes tipos de productos a velocidades de rotación adecuadas para cada uno de los mismos. Con todo esto se considera que el producto va a ser más limpio y sin granos rotos, así también habrá una disminución muy importante en el desperdicio del grano de maíz.

Por otro lado se busca mejorar el diseño con relación a las máquinas existentes en un proceso productivo real de aprovechamiento del grano del maíz en el sector agrícola.

1.2.2 Justificación Económica. El diseño y construcción de la máquina tiene un costo aproximadamente de 2000 dólares.

La ventaja económica para los miembros de la pre cooperativa Luz de América ubicada en el Km 23 ramal 1, es grande debido a que en vez de pagar el alquiler de la máquina van a pagar por una máquina que va a ser de su propiedad, el sector podrá realizar el trabajo de desgrane en cualquier momento por la disponibilidad de la máquina.

1.2.3 Justificación Social. Como hemos mencionado anteriormente, el Proyecto de Diseño y construcción de una máquina para el proceso de desgranado de maíz, permite una ayuda muy importante para los agricultores de la pre cooperativa Luz de América ubicada en el Km 23 ramal 1, la misma que se puede asegurar un mayor ingreso económico, por ende el beneficio social que se prevé lograr con este es por demás favorable.

Otro aspecto que se debe considerar es el efecto positivo que se genera en zonas rurales con la ejecución de pequeños o grandes proyectos de microempresas y su utilización en el área de agricultura, pues nosotros como futuros profesionales tenemos en nuestras mentes y manos las herramientas suficientes para aportar con este tipo de ideas y soluciones a problemas que el común de la gente vive a diario.

1.2.4 Justificación Ecológica. El aspecto ecológico ha sido siempre muy importante y no podía ser de otra manera. En esta situación, puesto que el proyecto es de diseño y construcción y tomando en cuenta que su funcionamiento es mediante un motor de combustión interna la contaminación en el sector será muy baja, además la máquina, tritura por completo la tuza, el desperdicio podrá ser aprovechado como abono para los mismos terrenos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General. Diseñar y construir una máquina para el proceso de desgranado de maíz de la costa.

1.3.2 Objetivos Específicos.

Realizar el estudio de alternativas y seleccionar los mecanismos más adecuados.

Determinar experimentalmente los parámetros que rigen el comportamiento del maíz de la costa, mediante estos valores aumentar la calidad de desgranado y aumentar la cantidad de maíz aprovechable.

Diseñar la máquina

Construir y poner en funcionamiento la máquina

Elaborar manual del usuario

CAPÍTULO II

2. ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DEL MAÍZ DE LA COSTA

2.1. Marco teórico sobre el maíz.

2.1.1 Introducción. El maíz es un cultivo muy remoto de unos 7000 años de antigüedad, de origen indio que se cultivaba por las zonas de México y América central.

Hoy en día su cultivo está muy difundido por todo el resto de países y en especial en toda Europa donde ocupa una posición muy elevada. EEUU es otro de los países que destaca por su alta concentración en el cultivo de maíz.

Su origen no está muy claro pero se considera que pertenece a un cultivo de la zona de México, pues sus hallazgos más antiguos se encontraron allí [1].

Las variedades tradicionales de maíces ecuatorianos constituyen un rico patrimonio de tradiciones agrícolas y alimenticias. En el Ecuador el maíz se cultiva en todo el país excluyendo los páramos y sub-páramos (encima de los 3000mts de altitud), con siembras concentradas en las provincias de Loja, Azuay y Pichincha, y en menor medida en aquellas de Bolívar, Chimborazo, Tungurahua e Imbabura (región de Sierra). Este cultivo es presente en las provincias costaneras de Manabí, seguida por Esmeralda y Guayas en la Costa y en la provincia de Pastaza en la Selva. El maíz habría cruzado el istmo de Panamá hace 5,000 años a.C., entrando al territorio colombiano, para luego alcanzar la costa ecuatoriana [2].

2.1.2 Características morfológicas.

Nombre común: Maíz

Nombre científico: *Zea mays*

Familia: Gramíneas

Género: *Zea*

2.1.3 Tipos de Maíz. [3]

2.1.3.1 Dentados. Es el tipo más cultivado, se caracteriza por una depresión en la corona del grano. Su endosperma tiene una alta proporción de almidón y baja proteína, la textura del grano

es blanda y de bajo peso. Es preferido para la molienda humedada y para alimento del ganado, se utiliza para el consumo humano en baja proporción.

2.1.3.2 Lisos. Tienen una composición de almidón baja, por su peso, dureza, y alta proteína son preferidos para la molienda seca.

2.1.3.3 Harinosos. Es uno de los tipos más antiguos de maíz lo usaban los Aztecas, Incas y Guaraníes.

Su endosperma blando hace que no intervenga en el comercio internacional.

2.1.3.4 Dulces. Grupos con alto contenido de azúcar de aspecto transparente, es el verdadero maíz para comer el grano fresco, choclo o maíz de mesa.

En este, el gen retarda la normal conversión del azúcar en almidón durante el desarrollo del endosperma.

2.1.3.5 Pisingallo. Tiene un endosperma corneo muy duro, conteniendo solo una pequeña fracción de almidón encerrado en un pericarpio denso y resistente.

Son esencialmente granos chicos, usados por los indígenas.

2.1.3.6 Hornamentales. Tienen menor importancia y se usan con fines hornamentales propósitos decorativos.

Existen una serie de genes que controlan la producción de antocianinas y pigmentos relacionados en la aleurona, pericarpio, y tejidos de la planta.

2.1.3.7 Maíz para usos especiales. Existen una serie de genes que inciden sobre la composición del endosperma.

Como resultado de estos se han desarrollado nuevos maíces para propósitos especiales:

Maíz Waxy, son usados para la industria alimenticia como estabilizadores para budines, aderezo de ensaladas, salsas, etc.

Alta Amilosa, es utilizado en la industria textil, como apresto de las fibras previo al tejido, en la preparación de tinturas como papel de revestimiento.

2.2 Tipo de desgranado que se presentan en el medio

2.2.1 Desgranado de Maíz. El rendimiento del maíz y en general para todos los cultivos, no puede ser alterado una vez que la planta ha alcanzado su madurez fisiológica, es decir, cuando el grano llega a su máximo contenido de materia seca.

Sin embargo, para mantener la producción hasta su comercialización es necesario sacarla del campo oportunamente. No hacerlo, significa un deterioro en la cantidad y calidad del grano, lo que se traduce en menores utilidades para el agricultor.

El grano llega a su madurez fisiológica cuando su contenido de humedad es alrededor del 37-38 por ciento. La cosecha mecanizada se puede comenzar cuando el grano tiene aproximadamente un 28% de humedad, no siendo recomendable que descienda a menos del 15% Arriba o abajo de estos límites, los granos se aplastan, se parten o pulverizan.

Una vez que el contenido de humedad ha bajado a un 14-15% se puede empezar la operación de desgrane, la cual, puede efectuarse mediante diversas maneras. Se señalan a continuación algunas modalidades de desgranado de tipo manual, semi mecanizado y mecanizado.

2.2.2 Desgranado a mano. Es el método mas sencillo de desgrane a la vez el mas tradicional, este método consiste en la utilización de los pulgares de las manos, los mismos que ejercen presión sobre los granos para desprender los granos del carozo (tuza o zulo).

El inconveniente con este método es que se requiere de abundante mano de obra cuando se trata de grandes cosechas.

Aproximadamente la cantidad de maíz desgranado por una persona equivale aproximadamente a 9 kg por hora.

La ventaja con este método es que el grano no percibe ningún daño, además la precisión es alta y se puede separar los granos dañados que contiene la mazorca, ya sea por su descomposición natural o por presencia de insectos en los mismos.

Este método es mas utilizado en la región de la sierra ecuatoriana.

También realizan el método de friccionar dos mazorcas o también la trilladura, que consiste en introducir las mazorcas en un saco y proceder a golpear con palos la misma, el problema que se presenta es que los granos se maltratan.

Figura 1. Desgranado a mano.



Fuente: Agro Ecuatoriano (Tipos de desgrane de maíz).

2.2.3 Desgranado con máquinas manuales. Ya que el método de desgranado a mano requiere de un tiempo excesivo, cuando se trata de grandes cosechas, se hizo necesario mejorar el tiempo de desgrane por lo cual se diseñó el método de desgrane con ayuda de máquinas manuales las mismas permitían mejorar el tiempo de desgranado.

Se pueden encontrar máquinas desgranadoras manuales de madera, con grapas, de lámina metálica, y de metal fundido.

Ventajas:

Se requiere menor tiempo y esfuerzo para el desgranado.

No se alteran las características físicas del grano, de esta manera se mantiene la calidad del grano después del desgranado.

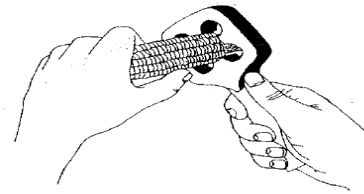
Desventajas

Un problema de estas máquinas desgranadoras es que no se puede regular para diferentes dimensiones de mazorcas.

Las desgranadoras dentadas de madera o metal se las puede ajustar para diferentes dimensiones y variedades de mazorca, el problema radica en que el tiempo para el desgranado es similar que el tiempo que presenta el desgranado a mano.

2.2.3.1 *Desgranadora manual de maíz con útil de madera.*

Figura 2. Desgranadora de madera hueca.



Fuente: Agro Ecuatoriano (Tipos de desgrane de maíz).

Tableta de madera en forma de raqueta perforada de tal manera que crea una cavidad central con cuatro bordes sobresalientes, los cuales al introducir la mazorca y girar la desgranadora, van arrancando los granos.

Comparado con el desgranado a mano, aumenta la capacidad del operario en un 100%.

Ventajas

- Muy bajo costo.
- Producto adecuado para uso casero.
- De fácil manejo y alto rendimiento.
- No requiere ningún tipo de mantenimiento.
- Produce grano limpio.

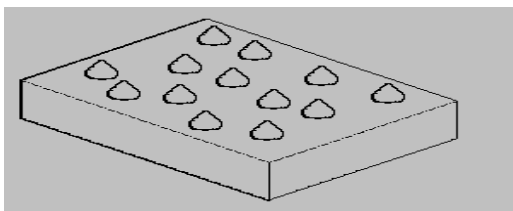
Desventajas

- No compite económicamente con el aporreo de las mazorcas con un palo dentro de un saco.

2.2.3.2 *Desgranadora manual con grapas.* Esta constituida por una pequeña estructura fabricada con madera y grapas, aquí el metodo consiste en frotar las mazorcas de maíz el tiempo necesario hasta que se desprendan los granos en su totalidad, esta se recomienda sobre todo para maíz seco ya que si no lo esta, el grano se hechara a perder.

Las dimensiones son de un tamaño economico y eficiente, tiene 250 grapas clavadas en filas (clavos de 1,5 pulgadas), en una superfiie de madera de 30 cm de largo; 25cm de ancho; 6cm de alto del lado frontal; 15cm de alto.

Figura 3. Tabla de espigas para desgranar maíz.



Fuente: Agro Ecuatoriano.

2.2.3.3 *Desgranadora manual de lámina metálica.* Esta desgranadora consiste en una estructura que consta de manera , de lámina metálica perforada o con corrugaciones , aquí se deben frotar las mazorcas las veces requeridas hasta que los granos puedan ser separados.

Ventajas:

- Muy cómoda y fácil de manipular.
- Costos proporcionalmente buenos.

Desventajas:

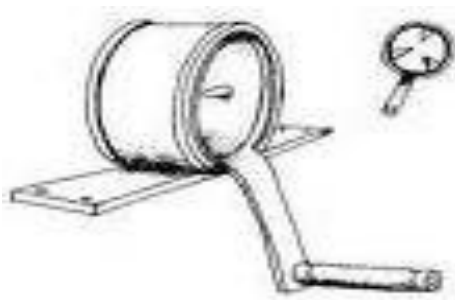
- Si no se tiene un gran cuidado el operador de esta máquina puede sufrir lesiones en sus manos.
- Este tipo de desgranadora se podría decir que es artesanal , ya que es muy fácil de construir.
- Sus dimensiones son las siguientes:

Ancho = 25cm

Alto parte frontal= 6cm

Alto = 15cm.

Figura4. Desgranadora manual para maíz duro [4].



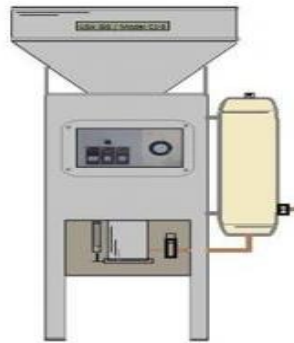
Fuente: Agro Ecuatoriano (Tipos de desgrane de maíz).

2.2.4 *Desgranado mediante máquinas eléctricas.* Estas desgranadoras son de una alta eficiencia con respecto a cantidad-tiempo ,las mismas son activadas o funcionan con un motor eléctrico el cual controla el funcionamiento de la misma.

Normalmente se utilizan motores eléctricos de 1 o 7 hp , pero esta potencia aumenta con la cantidad de la cosecha tiene de 350 a 750 rpm , su capacidad puede ser de 800 a 5000 kg/h [5].

Figura 5. Desgranadora Eléctrica.

Fuente: Agro Ecuatoriano (Tipos de desgrane de maíz).



Fuente: Agro Ecuatoriano (Tipos de desgrane de maíz).

2.2.5 *Desgranado con máquinas de combustion.* Al igual que las máquinas de desgranado eléctricas , son muy eficientes cuando tenemos grandes cosechas , estas máquinas desgranadoras estan activadas o su funcionamiento se da mediante un motor de combustion.

Sus características mas comunes son que nos permiten desgranar grandes cantidades de maíz en poco tiempo , se requiere de menor mano de obra , Potencia: 3 a 16 HP.

Mismas características de las eléctricas.

Figura 6. Desgranadora con motor a gasolina.

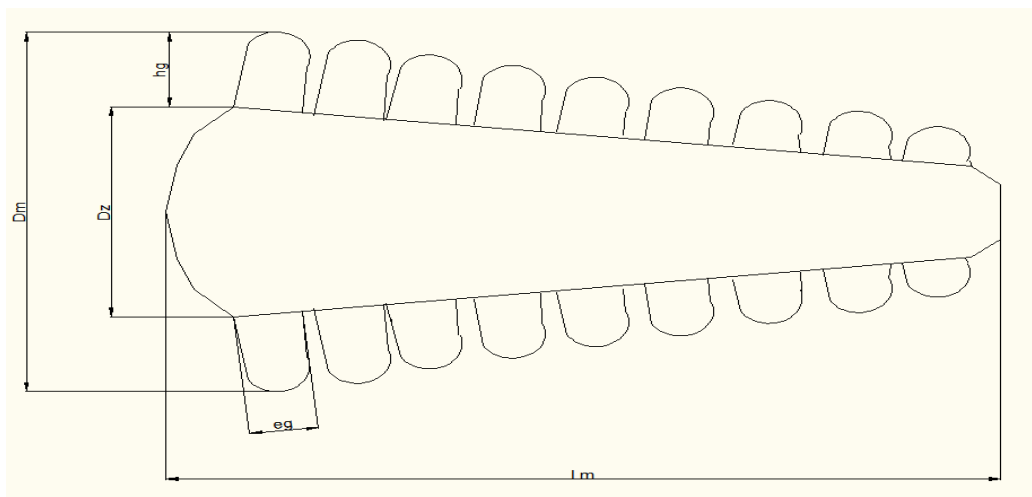


Fuente: Agro Ecuatoriano (Tipos de desgrane de maíz).

2.3 Ensayos en el laboratorio para el análisis del comportamiento del maíz

2.3.1 Características técnicas del maíz.

Figura 7. Dimensiones de la mazorca de maíz.



Fuente: Autores

D_m : Diámetro de mazorca

D_z : Diámetro de zulo

L_m : Longitud de mazorca

hg : Altura de grano en cm

eg : Espesor de grano en cm.

2.3.2 Características físicas del maíz.

Tabla 1. Datos físicos de diferentes tipos de maíz

Tipo de maíz	Diámetro de mazorca Dm(mm)	Diámetro de zulo Dz(mm)	Longitud de mazorca Lm(mm)	# de hileras por mazorca	# de granos por hilera	# granos por mazorca
Maíz duro(Sierra)	46-50	30-40	200 a 250	7 a 9	17 a 36	230 a 350
Maíz duro(Costa)	46 a 55	35-45	180 a 250	7 a 8	13 a 35	200 a 250
Maíz Suave amarillo	46 a 65	30-40	200 a 250	6 a 9	10 a 33	115 a 256
Maíz suave blanco	49 a 70	30-40	180 a 250	6 a 9	9 a 30	120 a 245

Fuente: Autores.

2.3.3 Características físicas del grano. El significado de los parámetros considerados en la figura es el siguiente:

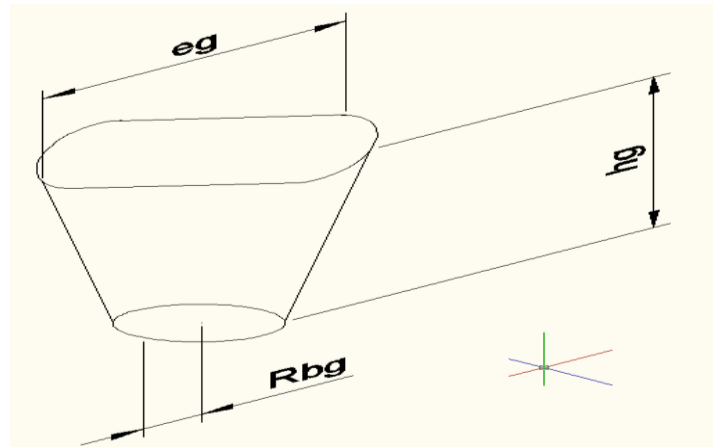
hg: Altura de grano desde la base del zulo

eg: Espesor de grano

Rbg: Radio de la base circular del grano

rf: Radio frontal del grano aproximadamente $hg/2$

Figura 8. Dimensiones del grano de maíz.



Fuente: Autores.

Tabla 2. Especificaciones físicas de un grano de maíz de la costa.

Tipos de maíz	Altura hg(mm)	Espesor eg (mm)	Radio de la base circular del grano Rbg(mm)
Maíz duro (costa)	8 a 10	3 a 6	1 a 3

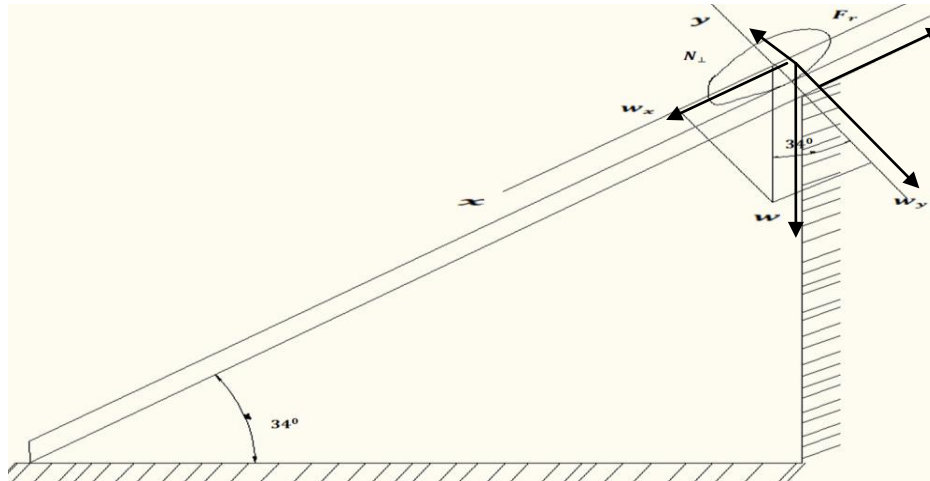
Fuente: Autores.

2.3.4 Características mecánicas de la mazorca. Para poder diseñar nuestra máquina desgranadora tenemos que calcular tanto la fricción como la humedad del maíz, posteriormente realizamos análisis de dureza, de impacto, compresión y arranque del maíz.

2.3.4.1 Ensayo de fricción. Al realizar este ensayo, obtendremos el coeficiente de fricción dinámico con el mismo obtendremos la fuerza requerida para desgranar el maíz.

Para el ensayo utilizaremos un plano inclinado, el mismo que tendrá un ángulo de 34 grados, una hipotenusa de 0,5 metros, el análisis se dará para el maíz duro de la costa, en un tiempo aproximado de 2 segundos para cada una.

Figura 9. Ensayo de fricción.



Fuente: Autores.

$$x = V_o t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (1)$$

$V_o = 0$ ya que la mazorca parte del reposo.

D_i * Maíz duro de la costa o también llamado tuxpeño.

(2)

Remplazando en la ecuación (2) tenemos que:

$$a = \frac{2(0.5)}{(2)^2}$$

$$a = 0.25 \frac{m}{s^2}$$

Sumatoria de fuerzas en X

$$\sum F_x = m \cdot a \quad (3)$$

Remplazando en la ecuación (3) tenemos que:

$$W_x - F_r = m \cdot a$$

$$Fr = W_x - m \cdot a = W \sin 34^\circ - m \cdot a = m \cdot g \cdot \sin 34^\circ - m \cdot a$$

$$Fr = 0.114(9.8 \sin 34^\circ - 0.25)$$

$$Fr = 0.59 \text{ N}$$

Sumatoria de fuerzas en Y:

$$\sum F_y = 0$$

$$N - W_y = 0 \quad (4)$$

Remplazando en la ecuación (4) tenemos que:

$$N = W \cos 34^\circ = m \cdot g \cos 34^\circ = 0.114(0.98)(\cos 34^\circ)$$

$$N = 0.93 \text{ N}$$

Como:

$$F_r = \mu \cdot N \quad (5)$$

Remplazando en la ecuación (5) tenemos que:

$$\mu = \frac{F_r}{N} = \frac{0.59}{0.93}$$

$$\mu = 0.63$$

Con la normal y las componentes del peso en el plano, se determina el coeficiente de fricción obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 3. Características físicas del maíz de la costa

Tipos de maíz	Masa de mazorca (Kg)	Peso W (N)	Normal N (N)	Tiempo t (s)	Aceleración a (m/S²)	Fuerza d rozamiento Fr (N)	Coefficiente de rozamiento
Maíz duro (costa)	3.75 * 10 ⁻⁴	3.68* 10 ⁻³	0.85	1.48	0.46	0.52	0.610

Fuente: Autores.

2.3.4.2 Determinación de la humedad. La determinación del contenido de humedad de los granos es una operación de una importancia particular en todas las fases del sistema de operaciones pos cosechas.

En el campo los agricultores tienen la costumbre de elevar de manera aproximada el contenido de humedad de los granos por métodos empíricos.

Estos métodos, basados en la experiencia de cada uno, no dan una verdadera medida objetiva, sino una estimación del grado de humedad por la percepción objetiva y sensorial (tacto, vista, olfato) de ciertas características de los granos.

Algunos campesinos, por ejemplo acostumbran a masticar los granos, o a arañarlos con la uña del pulgar, o a aplastarlos con los dedos, para evaluar su dureza y su consistencia, calculando así su contenido de humedad.

Otros se fían del olor, más o menos agradable que se desprenden de un puñado de granos; otros se basan en el tintineo, más o menos sordo, producido por algunos granos sacudidos en caja metálica.

Hay quienes evalúan la fluidez de los granos tratando de hundir el brazo, con la mano abierta, en una masa de granos relativamente importante (en un saco o en una capa espesa de granos a granel).

De todos los métodos empíricos, el menos incierto es tal vez “la prueba de la sal”

Consiste en mezclar en un recipiente de vidrio una muestra de granos con sal ordinaria de cocina, bien seca.

Después de haber sacudido varias veces el recipiente, se examina si la sal se ha adherido o no a las paredes. En caso afirmativo, ello significa que el contenido de humedad de la muestra de granos es superior al 14% aproximadamente.

Para el proceso de desgrane de las mazorcas estas deben tener un porcentaje de humedad de hasta 13%. Si la humedad sobrepasa este valor se debe secar el maíz exponiéndolas a estas directamente al sol en patios, sobre plataformas, techos de las casas colgadas bajo techo, o utilizando como soporte troncos de árboles o mediante silos de secado.

Por consiguiente, decir que la humedad del maíz es del 13% significa que en una muestra de 100g de producto bruto hay 13g de agua y 87g de materia seca. Durante la noche no se debe dejar la semilla a la intemperie por que absorberá agua del ambiente.

Los granos están constituidos por una sustancia sólida, denominada materia seca, y por cierta cantidad de agua. La materia seca está formada por las proteínas, los carbohidratos, las grasas, las vitaminas y las cenizas. El agua existente en la estructura orgánica de los granos se presenta bajo distintas formas, pero para fines prácticos se consideran dos tipos de agua: el agua libre que se retira fácilmente por medio de calor, y el agua que retiene la materia sólida y que sólo se libera por la acción de altas temperaturas, lo que puede originar la volatilización y descomposición de las sustancias orgánicas y, por lo tanto, la destrucción del producto.

El contenido de humedad de los granos se expresa, por lo general, como porcentaje del peso total del grano (base húmeda):

$$\% \text{ En base húmeda} = \frac{PA}{PT} * 100 \quad (6)$$

PA = peso del agua

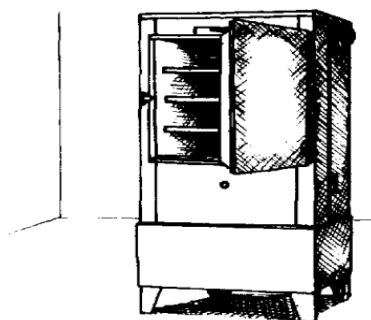
PT = peso del agua + peso de la materia seca (peso total del grano)

Método para determinar el contenido de humedad. La determinación del contenido de humedad de los granos debe realizarse en todas sus etapas de manejo desde la cosecha hasta la salida del almacenamiento. La medición de humedad debe ser precisa, ya que el contenido de humedad de los granos es muy importante para mantener la calidad del producto almacenado. Esta determinación presenta también una gran importancia desde el punto de vista comercial, ya que el precio varía en función de la humedad del grano.

Existen varios métodos para determinar el contenido de humedad de los granos, que se clasifican básicamente en dos grupos: directos e indirectos.

- *Método directo.* Se consideran los métodos básicos, siendo los principales los métodos de la estufa, la destilación y los rayos infrarrojos.
- *Método de la estufa.* Para determinar la humedad de los granos se somete una muestra de granos de peso conocido al secado y se calcula el porcentaje de humedad a través del peso que se pierde durante el secado. Para obtener el porcentaje de humedad se divide la pérdida de peso de la muestra entre el peso original de ella y el resultado se multiplica por 100:

Figura 10. Estufa de secado



Fuente: www.fao.org/docrep/X5027S/x5027S02.html

$$\text{Contenido de humedad (en 100\%)} = \frac{P_i - P_f}{P_f} * 100 \quad (7)$$

P_i = peso de la muestra antes del secado

P_f = peso de la muestra después del secado

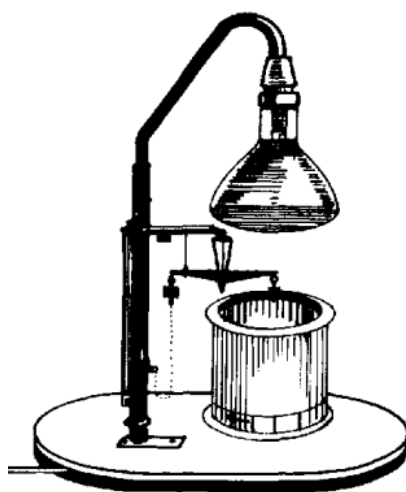
Con relación a la temperatura y tiempo de secado de las muestras existen diversos métodos cuyas referencias se encuentran en la bibliografía especializada. Los métodos se diferencian, sobre todo, en lo que concierne a la temperatura de la estufa, al período de secado y al estado físico de la muestra (granos enteros o molidos).

En el Brasil, el método oficial del Ministerio de Agricultura para la determinación de humedad en las semillas se basa en las Reglas Internacionales aprobadas por el ISTA (International Seed Testing Association). En este método se recomienda el secado de algunos granos a 103 °C ± 2°C por un período de 17 horas, o a una temperatura de 130°C ± 3°C por un período de cuatro horas para el caso del maíz, dos horas para los demás cereales y una hora para otros granos. Las reglas internacionales especifican cuáles granos deben molerse. Para todas las especies de

semillas, este Reglamento recomienda también el método de la estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ por un período de 24 horas, sin moler el grano.

- *Rayos infrarrojos.* En este método, la humedad de los granos se determina también secando una muestra de peso conocido y calculando el porcentaje de humedad a través de la pérdida de peso. La muestra se muele y se coloca sobre el plato de una balanza, exponiéndola a los rayos infrarrojos por un determinado tiempo, según la especie de grano. La diferencia entre el peso inicial y el final corresponde al agua que fue eliminada. Este proceso requiere de cinco a treinta minutos por cada determinación, según la especie de grano.

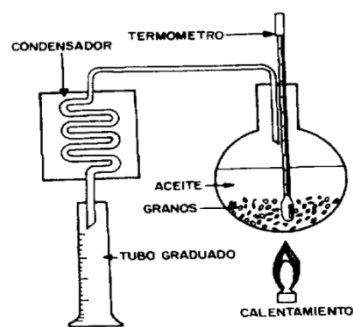
Figura 11. Rayos infrarrojos.



Fuente: www.fao.org/docrep/X5027S/x5027S02.html.

- *Método por destilación.* Este proceso (método de "Brown Duvel") se basa en la eliminación del agua de los granos (molidos o enteros) por medio del calentamiento del material que se encuentra cubierto por un líquido cuya temperatura de ebullición es superior a la del agua. El vapor de agua procedente de los granos se condensa y se mide en una probeta graduada.

Figura 12. Método por destilación.



Fuente: <http://www.fao.org/docrep/X5027S/x5027S02.htm>

- *Determinador de humedad "Latatá"*. Para simplificar la determinación de la humedad, el CENTREINAR, del Brasil, desarrolló un aparato llamado Latatá, de fácil construcción, bajo costo y tan preciso como los aparatos más sofisticados. El aparato se basa en el calentamiento de una muestra de peso conocido a la que se le ha agregado aceite vegetal. La humedad que se evapora y se condensa es recolectada en una probeta, estando estrechamente relacionada la cantidad de agua recolectada en la probeta con el contenido de humedad. Para determinar el contenido de humedad de los granos por medio de este método se deben seguir los siguientes pasos:

Pesar una muestra de 100 gramos de granos. La muestra debe estar libre de impurezas, es decir, pajas, hojas, y piedras. Para productos con mayor contenido de humedad, como el café en grano, se recomienda utilizar 50 gramos de muestra.

Colocar la muestra en la cantimplora con el auxilio de un embudo.

Colocar aceite en la cantimplora y taparla con el tapón correspondiente. La extremidad del termómetro deberá estar sumergida en el aceite a 1 cm del fondo de la cantimplora. Si se pone el termómetro muy cerca del fondo, la medición podrá presentar errores.

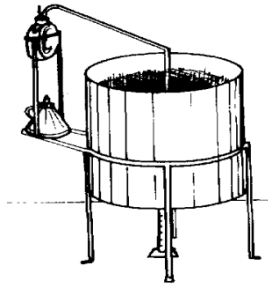
Llenar el condensador con agua y poner la probeta debajo de la salida del condensador.

Llenar la lamparilla con alcohol y encenderla.

Apagar la lamparilla cuando el termómetro marque la temperatura recomendada para el producto.

Esperar que la temperatura baje a menos de 100°C para efectuar la lectura en la probeta.

Figura 13. Determinador de humedad “Latatá”.



Fuente: www.fao.org/docrep/X5027S/x5027S02.htm

Para el cálculo de la humedad se tomó el método de la estufa:

$$\text{Contenido de humedad (en 100\%)} = \frac{P_i - P_f}{P_f} * 100$$

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{10 \text{ g} - 7.3 \text{ g}}{7.3 \text{ g}} * 100 = 37\%$$

2.4 Características mecánicas del grano. Se analizara, calculara y determinara las características mecánicas que posee el grano de maíz de la costa, como son:

- Resistencia a la compresión
- Fuerza de arranque
- Dureza
- Resistencia al impacto

Se analizara con las especificaciones realizadas mediante (2) y (3).

2.4.1 Ensayo para determinar la resistencia a la compresión del grano. Para realizar el ensayo utilizamos como equipo la máquina universal, la máquina nos permite variar las cargas y así obtener resultados para los diferentes tipos de maíz que estamos analizando.

El procedimiento utilizado consta de los siguientes pasos:

- Se debe encender la máquina universal
- Colocamos el grano de maíz en la máquina colocando la carga sobre el mismo.
- Damos diferentes valores de carga a la máquina universal, continuamente hasta lograr romper el maíz.

Mediante la ecuación que existe para calcular la compresión encontramos el esfuerzo de compresión.

$$\sigma_c = \frac{4F}{\pi(D_f)^2} \quad (8)$$

$$\sigma_c = \frac{4(64)}{\pi(2.5)^2} = 14 \frac{Kg}{mm^2}$$

Figura 14. Ensayo de compresión.



Fuente: Autores.

Tabla 4. Resistencia a la compresión del grano de la costa.

Tipos de maíz	Fuerza de compresión Fc (Kgf)	Diámetro frontal del grano df (mm)	Resistencia a la compresión (Kgf/mm2)
Maíz duro (Costa)	64	2.5	14
	64	1.3	48
	64	1.6	26
	64	1.5	40
	64	2.7	10
	64	1.4	34

Fuente: Autores.

2.4.2 *Ensayo para determinar dureza en el grano.* Resistencia de un material ha ser penetrado o desgastado por un material más duro.

La dureza del grano es la resistencia que posee a la acción mecánica o al quebrado durante la cosecha y la post cosecha [6].

Para nuestro caso realizaremos un ensayo de dureza Vickers, para este método usaremos un micrómetro.

Los parámetros a seleccionar están directamente en función de la dureza del material, los parámetros son los siguientes:

D_b = Diámetro de bola

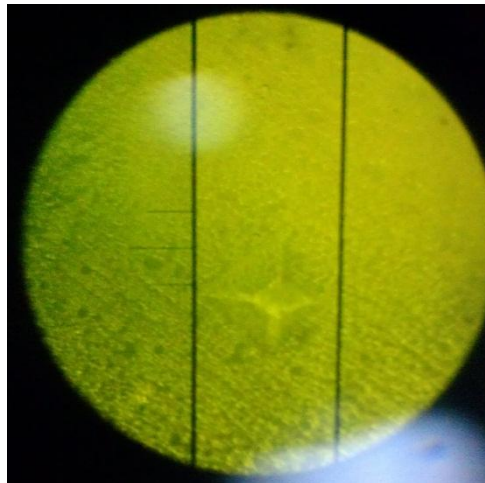
F_p = Carga

El rango deberá estar entre $0.2D_b < d_h < 0.6D_b$

2.4.2.1 *Procedimiento.*

- Se procede a lijar la superficie del grano de maíz, para obtener una superficie plana.
- Se enciende el micrómetro, se calibra las platinas de soporte para colocar el maíz.
- Por el lente del micrómetro verificamos que se pueda enfocar la superficie del grano del maíz.
- Al comprobar que el maíz está correctamente colocado procedemos a realizar el ensayo de Dureza Vickers, con 50 gramos de carga.
- Damos en el botón de inicio, esperamos unos segundos, observamos la huella producida en la superficie del maíz y procedemos a medir la huella.
- Mediante un catálogo que viene incorporado con el micrómetro determinamos la dureza del grano de maíz, después de haber realizados varias pruebas. (Anexo A)

Figura 15. Dureza Vickers



Fuente: Autores.

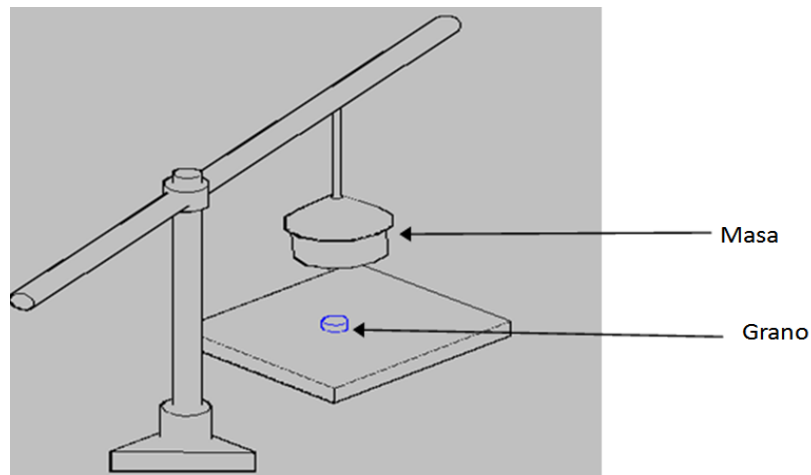
Tabla 5: Dureza del maíz duro de la costa (Anexo A)

Tipo de maíz	No. de ensayo	Longitud de la vertical (mm)	Longitud de la diagonal.	Tiempo de duración t(s)	Fuerza utilizada (gramos)	Dureza Vickers.
Maíz duro (costa)	1	0.068	0.061	4	50	223
	2	0.064	0.065	4	50	226
	3	0.065	0.062	4	50	225

Fuente: Autores.

2.4.3 *Ensayo para determinar el impacto.* Utilizaremos una masa de 90 g para el impacto, sistema de soporte, escala en mm e hilo de sujeción.

Figura 16. Prueba de velocidad de impacto.



Fuente: Autores.

2.4.3.1 *Procedimiento.*

- 1.-Utilizamos un hilo para sujetar la masa a una altura determinada, el grano de maíz se coloca por debajo de esta masa.
- 2.-Se corta el hilo de sujeción para permitir que la masa golpee el grano de maíz que se encuentra bajo la misma.
- 3.-Se mide la altura desde el punto en donde está ubicada la masa, hasta donde se encuentra el grano de maíz.
- 4.-Utilizando la siguiente ecuación para calcular la velocidad de impacto:

$$V_i = \sqrt{(2gh_i)} \quad (10)$$

Remplazando en la ecuación (10) tenemos que:

V_i = velocidad de impacto

g = gravedad= 9.81 m/s²

h_i = altura entre masa y fisura del grano de maíz = 0.89 m

$$V_i = \sqrt{(2(9.8)(0.89))}$$

$$V_i = 4.18 \text{ m/s.}$$

5.-Con la siguiente ecuación calculamos la energía de impacto que se necesita para romper el grano de maíz E_i , claramente se sabe que nuestra energía es la energía cinética así que nuestra ecuación es:

$$E_i = \frac{1}{2}mV_i^2 \quad (11)$$

Remplazando en la ecuación (11) tenemos que:

$$E_i = \frac{1}{2}0.09(4.18)^2$$

$$E_i = 0.78J$$

6.-A continuación tabulamos los resultados obtenidos.

Tabla 6. Velocidad y energía de impacto para un grano de maíz de la costa.

Tipos de Maíz	Masa de impacto (Kg)	Altura H_i (m)	Velocidad de impacto V_i(m/s)	Energía de impacto E_i (J)
Maíz duro (costa)	0.09	0.89	4.18	0.79

Fuente: Autores.

2.4.4 *Ensayo para determinar la fuerza de arranque del grano.* Para este ensayo aplicaremos una fuerza en el extremo del grano (fuerza tangencial o fuerza de arranque), para desprender el grano del zulo.

Para esto se requerirá utilizar:

Dinamómetro de 15N.

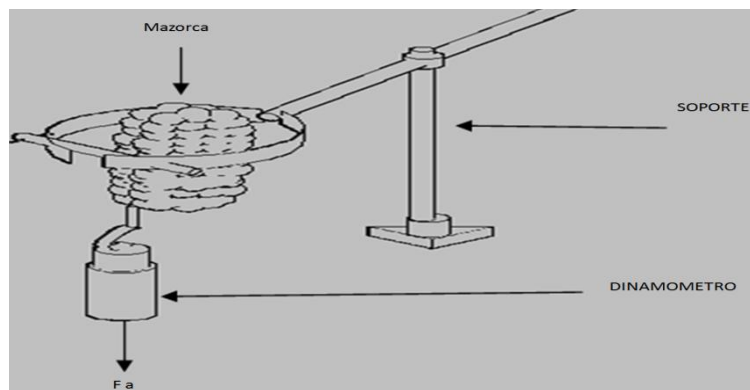
Soporte para la mazorca

Alambre de cobre con un diámetro de 0.5 mm

2.4.4.1 Procedimiento.

- 1.-Colocamos la mazorca en el soporte
- 2.-Con el alambre de cobre unimos el grano de maíz al dinamómetro.
- 3.-Se toma la lectura que indica el dinamómetro, esta lectura es la fuerza de arranque.

Figura 17. Prueba arranque maíz.



Fuente: Autores.

Tabla 7. Fuerza de arranque de maíz de la costa.

Tipos de maíz	Altura hg (m)	Fuerza de arranque del grano Fa (N)
Maíz duro (Costa)	0.007	14

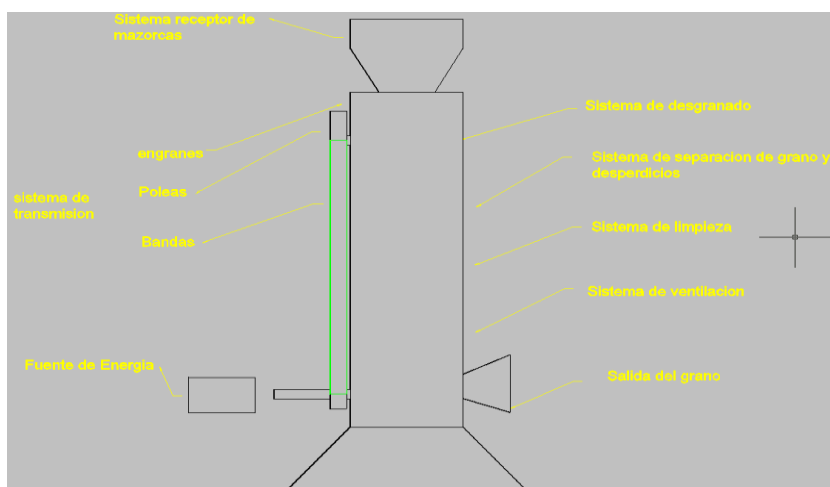
Fuente: Autores

CAPÍTULO III

3. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA Y SELECCIÓN DE LOS DIFERENTES MECANISMOS QUE CONFORMARÍAN LA MÁQUINA DESGRANADORA.

3.1. Detalle de cada una de las partes que conforman la máquina

Figura 18. Descripción de componentes de la máquina



Fuente: Autores.

3.2 Descripción de funcionamiento e importancia de cada una de las partes de la máquina

Se alimentara la máquina de desgranado mediante la tolva, la misma que consta de dos bocas, el elemento siguiente que se encuentra en la máquina desgranadora es el dosificador, el mismo que nos permitirá regular la cantidad de mazorcas que podremos alimentar a la máquina desgranadora, de una forma continua una a continuación de otra.

Después del dosificador, la mazorca llega al sistema desgranador, en donde el cilindro desgranador en conjunción con el cóncavo perforado realiza el desgrane de la misma.

Las impurezas se evacuan mediante un sistema compuesto por un ventilador dependiente ya que se encuentra montado en el eje, la corriente de aire que genera este ventilador permite desalojar hacia el exterior las impurezas.

Los desperdicios son expulsados por la boca de salida de desperdicios, gracias a unas aletas que se encuentran antes del ventilador.

Requerimientos de producción 50qq/h o lo que es lo mismo 2494.8Kg/h.

El porcentaje de peso para los granos es de 77% del peso de la mazorca y 23% es el peso de la tusa o zulo aproximadamente.

Para obtener el peso total de mazorcas que se requiere desgranar se puede aplicar la siguiente relación:

$$P_{m/h} = \frac{P_{g/h} * M_a}{G_r} \quad (12)$$

Donde:

$P_{m/h}$ = Peso de mazorcas en Kg/h

$P_{g/h}$ = Peso de granos para nuestro caso = 2494.8Kg/h

M_a = Porcentaje total de peso en 100% de las mazorcas

$$P_{\frac{m}{h}} = \frac{\frac{2494.8\text{kg}}{h} * 100\%}{77\%}$$

$$P_{\frac{m}{h}} = 3240 \frac{\text{Kg de mazorcas}}{h}$$

En los datos tabulados obtuvimos que el peso de una mazorca de maíz duro de la costa es de 0.104 Kg como su valor máximo de peso, utilizando este dato y el peso de mazorcas por hora podemos calcular el tiempo necesario para el desgrane de una mazorca, aplicamos la siguiente relación que es directa.

$$t_{m/s} = \frac{P_m}{P_{m/h}} \quad (13)$$

Donde:

$P_{m/h}$ = Peso de las mazorcas por hora = 3240 Kg/h

P_m = Peso de una sola mazorca = 0.104Kg

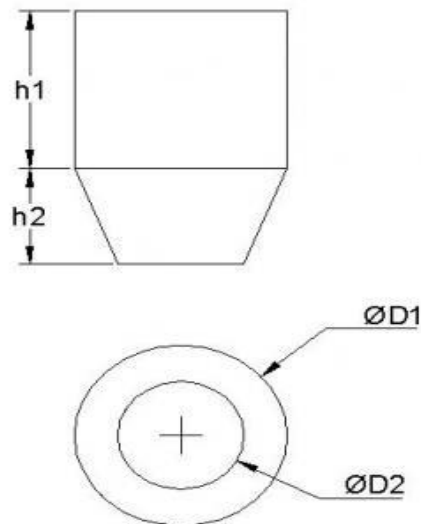
$t_{m/s}$ = tiempo que se demora la maquina en desgranar una mazorca de 0.1.4 Kg

$$t_{m/s} = \frac{0.104 \text{ Kg}}{3240 \text{ Kg/h}} = 0.00032 \quad h = 0.115 \text{ segundos}$$

Es necesario desgranar una mazorca por cada 0.115 segundos, para desgranar un total de 50qq/h.

3.2.1 Sistema receptor de Mazorcas. Esta sección de la máquina es el lugar en el cual se introducirán las mazorcas, la recepción consta de una tolva que puede ser estática, o una tolva sujeta a vibración.

Figura 19. Tolva

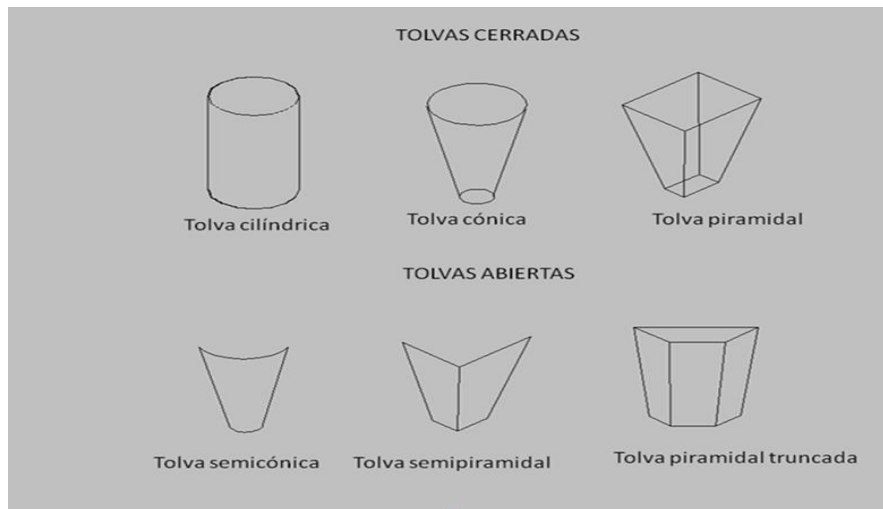


Fuente: Autores.

3.2.1.1 Sistema receptor estático. Este sistema es muy común en la construcción de desgranadoras, debido a su simplicidad en su diseño, y facilidad de construcción este tipo de tolva cumplen una doble función, recepta y a la vez dosifica las mazorcas de una manera directa.

Existen diferentes tipos de tolvas de acuerdo a su aplicación y necesidades.

Figura 20. Tipos de tolva



Fuente: es.wikipedia.org/wiki/Tolva

Para un tipo de desgrane continuo se recomienda utilizar tolvas abiertas con doble inclinación.

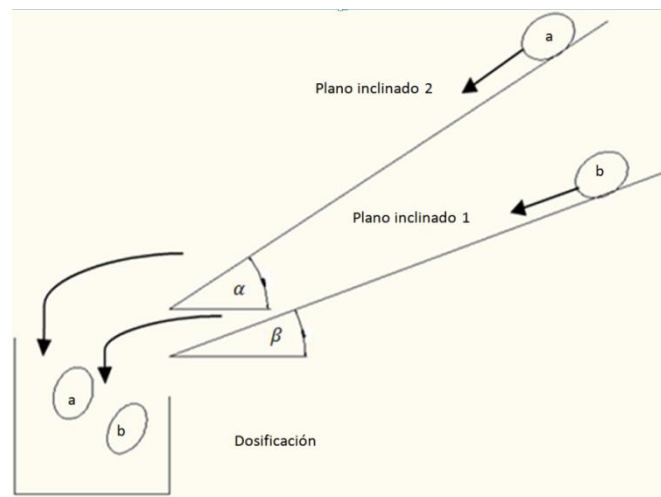
Ventajas

- Muy rentable
- Facilidad de diseño y construcción.
- Muy útil para mínimos requerimientos de desgrane.
- Ya que esta tolva es de doble inclinación hay un suministro continuo de las mazorcas, ya que mientras la primera mazorca cae más rápidamente por mayor inclinación, la mazorca que ingresa por el otro plano llegará luego y así tener continuidad en el proceso.
- El dosificador está acoplado en la base de la tolva, consta de un canal circular para regulación en diámetro de mazorca.

Desventajas

- Con exceso de mazorcas tendremos problemas ya que el sistema se puede trabar.
- La altura de la tolva está en función del ángulo de inclinación de los planos de la tolva.

Figura 21. Caída de mazorcas en tolvas abiertas de doble inclinación.



Fuente: es.wikipedia.org/wiki/Tolva

3.2.1.2 Sistema receptor por vibración. Este sistema es muy conveniente para la dosificación con productos secos, está constituida por la tolva y un elemento que produce vibración con un soporte elástico [8].

Ventajas

- El sistema de dosificación tiene alta efectividad.
- La dosificación está en función de la vibración del sistema.
- Se lo puede utilizar con cualquier tipo de desgranado.
- Eficaz para gran demanda de desgranado.
- Eficiencia en aprovechamiento de tiempo.

Desventajas

- Mayor dificultad en diseño y construcción.
- Mayor costo debido a que en el diseño de la desgranadora se tiene que absorber la vibración.
- Traslado dificultoso debido al aumento en su peso.
- Mayores costos de mantenimiento.

3.2.2 Sistema de desgranador. La función de este sistema es el separar el grano de maíz del zulo.

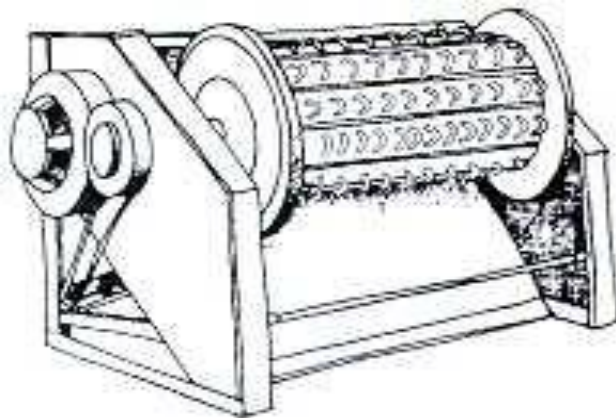
El sistema de desgranado en si es el más importante, ya que de este sistema depende la calidad en la que se obtendrá el maíz después del desgranado, la máxima eficiencia en el diseño de este sistema nos permitirá obtener el grano sin maltrato y entero.

3.2.2.1 Desgranador con dientes de espiga. El desgranado mediante este sistema por dientes de espiga consiste en un desgranado por impacto y fricción, estos efectos se producen debido a la velocidad del cilindro y a la separación existente entre el cilindro y el cóncavo de entrada y la salida.

La fricción es directamente proporcional a la distancia entre el cilindro y cóncavo.

Este tipo de desgrane es muy adecuado para nuestro diseño ya que el diseño será para maíz duro, este tipo de desgrane es totalmente inadecuado para maíz suave ya que el impacto y la fricción dañarían por completo el grano.

Figura 22. Desgranador de dientes de espiga.



Fuente: Fuente: es.wikipedia.org/wiki/desgranador

Ventajas

- Alta eficiencia para maíz duro
- Su diseño y construcción no tiene mayor complejidad
- Se puede desgranar varias mazorcas a la vez

Desventajas

- No apto para desgrane de maíz suave
- Con baja velocidad el desgrane es incompleto
- Se requiere potencias altas
- La estructura para este diseño tiene alto grado en su peso.

3.2.2.2 Desgranador de platinas helicoidales. Este tipo de desgranado es muy similar al anterior, la diferencia se encuentra en que las a espigas son remplazadas por platinas dispuestas en norma helicoidal, su tambor estático tiene agujeros y posee una parrilla con barras paralelas.

Su desgrane se da mediante la fricción entre la mazorca con el tambor estático, el impacto es muy bajo por lo cual este sistema se podría aplicar a un desgrane de maíz suave.

Con altas velocidades este tipo de desgrane rompe en su totalidad los granos de maíz suave.

La fricción que presenta este tipo de desgrane es directamente proporcional a la distancia existente entre el tambor dinámico y el estático, la fricción aumenta al disminuir esta distancia.

Ventajas

- Se puede desgranar gran cantidad de mazorcas a la vez.
- Se puede aplicar al desgranado de maíz duro y maíz suave.
- Alta eficiencia con el grano intacto.
- Variando la velocidad se puede variar la cantidad de desgranado.

Desventajas

- Su construcción tiene un grado superior en comparación con la construcción del de dientes de espiga.
- Alto consumo de energía.
- Su costo de construcción es mayor ya que se requieren mejores materiales.
- Se requiere una estructura metálica de mayor tamaño, aumentando así el peso de la máquina.

3.2.2.3 Desgranador de disco dentado. La desgranadora manual puede desgranar hasta 50kg de grano/hora de maíz duro.

Tiene bajo costo y su disponibilidad es muy buena y muy fácil de adquirir. La manivela hace girar el eje, de esta manera gira el disco con espigas dinámico, a su vez este arrastra la mazorca y hace girar el disco, el soporte con espigas estático fricciona a la mazorca, así se desgrana la mazorca y el zulo o tuza sale por un boquete inferior. Es fácil de acoplar, todos sus elementos están hechos de fundición.

Ventajas

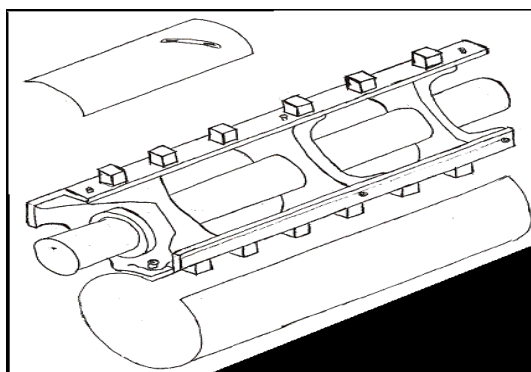
- Está construido en fundición gris, (barato).
- Desgrana tanto maíz duro como maíz suave.
- El sistema más adecuado para desgranar maíz suave.
- Se lo aplica a pequeñas parcelas.
- La potencia necesaria para esta máquina es baja.

Desventajas

- Capacidad de producción restringida para mínimos requerimientos.
- Si no se fabrica en grandes cantidades su precio es alto.
- Con aumento de velocidad puede destruir el maíz suave.

3.2.2.4 Desgranador Bar Escofina (cilindro desgranador dentado). Raspador desgranador bar que es una bombardera abierta de tambor con cuatro frentes, batidor dispuestos en la posición opuesta, marcos de hierro fundido en el eje. Cada barra escofina se adjunta con 175 dientes de metal. La parte cóncava que se encuentra bajo el bombardeo del tambor es de chapa de acero curvada con agujeros perforados elípticos. Los flujos mixtos de material en el tamiz de agitación en el cóncavo, ocasiona la separación de la mazorca y el grano quebrado. El grano que pasa por el tamiz de peldaño con el fin de separar los desechos por aspirador. Hay dos agujeros en cada uno de las paredes laterales del ventilador para ajustar la tasa de flujo de aire. Limpian los granos al caer a través del enchufe principal de la colección.

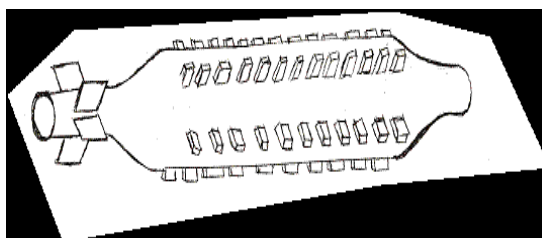
Figura 23.Sheller, escofina Ba.



Fuente: es.wikipedia.org/wiki/escofina

3.2.2.5. Desgranador dientes de clavija. Desgranadora dientes de clavija que tienen una cerrada bombardeos tambor. Cinco filas de clavijas están soldadas en el bombardeo superficie del tambor. Dos filas con 6 dientes, el resto tiene 7 dientes, hay un diente largo de cada fila. Disposición de los dientes fijos detrás de los que ya están en paralelo al eje. Las demás partes y el rendimiento de desgranadora dientes son similares a la desgranadora Raps bar pero la desgranadora de diente tiene mayor eficiencia de escofina desgranadora.

Figura 24. Desgranador dientes de clavija.



Fuente: es.wikipedia.org/wiki/clavija

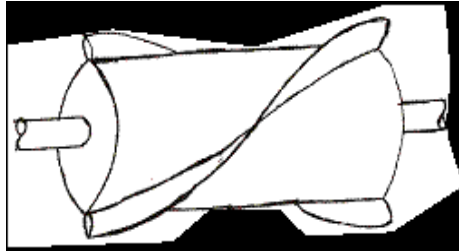
3.2.2.6. Desgranador cilíndrico de rosca en espiral. Esta máquina funciona con el uso de una rosca en espiral, bombardeos tambor. La mazorca se introdujo en la tolva que se encuentra en la esquina superior derecha de la batería. El poder es tomado de una fuente de energía eléctrica para impulsar el motor eléctrico con un V-belt, esta potencia se transmite al tambor.

A medida que el tambor gira, la mazorca de maíz se tiene en la parte cóncava del cilindro por acción de un remolino.

En el tambor de bares que ejercen una fuerza de choque en la mazorca de maíz. Los granos se extraen de la mazorca por esta fuerza haciendo caer a través del fondo perforado cóncava. Los granos caen a través de una toma de grano y se recogen en un contenedor. La disposición de las

barras en el tambor se encuentra en forma de una espiral que lleva la cáscara a lo largo de las mazorcas en el otro extremo del cilindro donde se descargan por gravedad a través de una toma de corriente. Los granos son limpiados por un ventilador accionado por el motor eléctrico.

Figura 25. Desgranador cilíndrico de rosca en espiral.

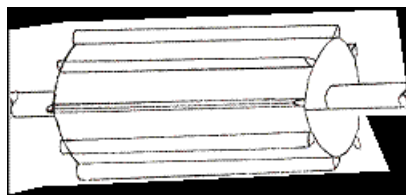


Fuente: [es.wikipedia.org/wiki/rosca en espiral](https://es.wikipedia.org/wiki/rosca_en_espiral)

3.2.2.7 Trilladora cilíndrica con roscado axial. Esta máquina funciona con un tambor axial roscado bombardeo en el que los postes se disponen paralelos al eje de rotación de los tambores. El maíz se introdujo en la tolva que se encuentra directamente en la parte superior del tambor. Al igual que en el diseño anterior, el poder es tomado de una fuente de energía eléctrica para impulsar el motor que transmite al tambor por una v-belt.

La mazorca es tomada por la acción del remolino y es bombardeada por la fuerza del impacto ejercido por las barras axiales de tambor, y el cóncavo que también está repleto para aumentar la tasa de bombardeo. Los granos luego caer a través de un tamiz inclinado y se recogen a través de la salida de grano. El tamiz permite la cáscara mazorcas caen por gravedad y se descarga a través de la toma de la mazorca.

Figura 26. Desgranador cilíndrico roscado axial.



Fuente: [es.wikipedia.org/wiki/roscado axial](https://es.wikipedia.org/wiki/roscado_axial)

3.2.3. Sistema de transmisión.

Se denomina transmisión mecánica de un mecanismo encargado de transmitir potencia entre dos o más elementos dentro de una máquina.

Son parte fundamental de los elementos u órganos de una máquina, muchas veces clasificados como uno de los dos subgrupos fundamentales de estos elementos de transmisión y elementos de sujeción.

En la gran mayoría de los casos, estas transmisiones se realizan a través de elementos rotantes, ya que la transmisión de energía por rotación ocupa mucho menos espacio que aquella por traslación.

Una transmisión mecánica es una forma de intercambiar energía mecánica distinta a las transmisiones neumáticas o hidráulicas, ya que para ejercer su función emplea el movimiento de cuerpos sólidos, como lo son los engranajes y las correas de transmisión.

Para la desgranadora de maíz seleccionaremos los elementos más convenientes que se utilizaran para formar la transmisión entre los cuales podrían estar.

Entre las formas más habituales de transmisión están:

- Correas como una correa de distribución.
- Cadenas
- Barras
- Correas, como una correa de distribución
- Barras en mecanismos articulados como el cuadrilátero articulado o el mecanismo de biela-manivela.
- Cables, la mayoría únicamente funcionan a tracción, aunque hay cables especiales para transmitir otro tipo de esfuerzos como los cables de torsión
- Engranajes
- Ruedas de fricción, que transmiten movimiento perimetral, como las ruedas de un vehículo.
- Discos de fricción, que transmiten movimiento axial, como un disco de embrague.
- Chavetas y ejes nervados
- Juntas cardán y juntas homocinéticas
- Levas
- Al utilizar engranes en ciertos mecanismos de la máquina, se logra sincronizar el movimiento y cambio de giro entre ejes.
- Al utilizar poleas y bandas nos permite un buen movimiento teniendo grandes distancias entre ejes.
- Si utilizamos engranes podemos manipular el sentido de giro.

3.2.4 *Fuente de Energía.* Debido a que la necesidad en cuanto al desgranado es promedio de 55qq/h se requiere una fuente de energía alta pero de preferencia combustión , debido a esto se utilizara un motor a gasolina ya que las maquinas manuales necesitan gran esfuerzo físico no satisficieran nuestra necesidad.

Ventajas

- Tiene una alta productividad
- Ya sea la producción alta, media o pequeña el motor nos da una alta eficiencia.
- Muy rentable tanto para periodos largos o cortos de trabajo.
- En comparación con el esfuerzo humano es abismal.
- Con el uso de sistema de un motor, se puede alternar si no hay energía eléctrica utilizar un motor de combustión, y si tenemos energía eléctrica un motor eléctrico.

3.2.5 *Sistema separador de producto.*

3.2.5.1 *Sistema de salida por una boca.* Como su nombre lo dice la salida es única, tanto para los granos como para la tuza, después del desgrane se separan.

Ventajas

- Ya que la construcción se da para un solo boquete tendremos un gran ahorro en el material.
- Aplicable para pequeñas necesidades de desgranado.
- Simplicidad en el diseño.

Desventajas

- El gran problema de este sistema será que tanto el grano como el zulo se mezclan.
- Con un gran requerimiento de desgranado se dificulta la clasificación de los productos.

3.2.5.2 *Sistema de salida por dos bocas.* Con este sistema tanto el maíz como el zulo salen por dos bocas diferentes.

Ventajas

- Nos permite una separación entre grano, zulo y desperdicios, por dos bocas diferentes.

Desventajas

- El costo es un 20% más del sistema de salida de una boca debido al gasto del material.

3.2.5.3 *Sistema de salida por tres bocas.* Su principio es muy sencillo por una boca sale el grano, por la segunda el zulo y finalmente por la tercera sale la cascarilla.

Ventajas

- Tenemos una alta eficiencia en clasificación del producto.
- El grano, el zulo y la cascarilla salen por bocas diferentes.
- Obtenemos el producto con alto índice de limpieza.
- Es el sistema más recomendado y usado en diferentes aplicaciones de desgranado.

Desventajas

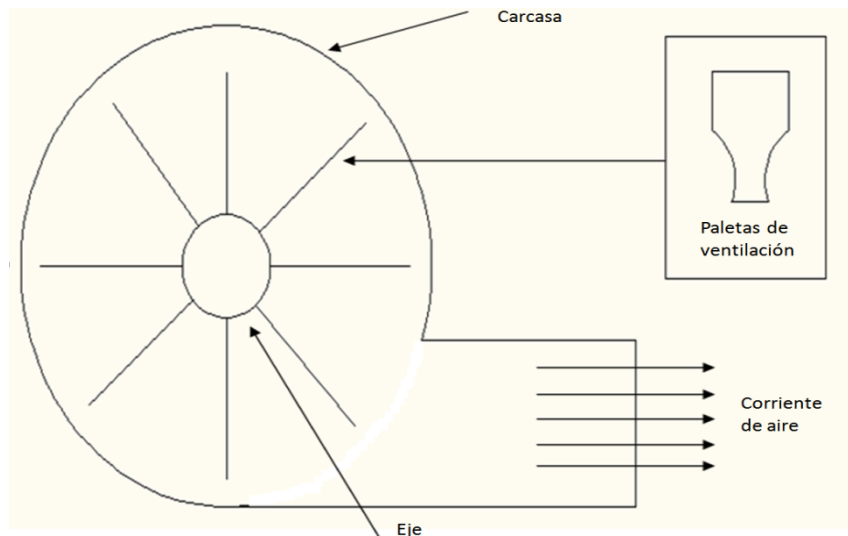
- En cuanto a costos es más costoso que de una o dos bocas.
- Mayor complejidad en su diseño.
- Mayor peso por qué se necesita mayores componentes para su diseño

3.2.6 *Sistema de limpieza.* Para obtener un grano totalmente limpio necesitamos un sistema que nos permita limpiarlo de impurezas, para esto necesitamos un sistema de ventilador, esto se logra ya que el ventilador los separa mediante diferencia de peso.

Existen dos tipos de ventilación, ventilación dependiente o independiente.

Para el tratamiento de granos se recomienda la utilización de un ventilador centrífugo.

Figura 27. Ventilador centrífugo.



Fuente: Autores

3.2.6.1 Ventilación dependiente. Al hablar de dependiente nos referimos a un ventilador, diseñado como parte de la máquina, el mismo que utiliza los sistemas de transmisión y la fuente de energía de nuestra máquina.

Ventajas

- El ventilador al estar diseñado a nuestros requerimientos y necesidades nos dará una alta eficiencia.
- Materiales y repuestos fáciles de remplazar ya que nosotros lo diseñamos.
- Facilidad en su diseño
- Aprovechamiento en cuanto al peso, y al espacio que tendrá nuestro ventilador en la máquina.

Desventajas

- Dependiendo del tipo de ventilador que se seleccione su diseño varía de simple a complejo.

3.2.6.2 Ventilación independiente. En este caso al hablar de independiente nos referimos a que el ventilador será adquirido de algún fabricante de acuerdo a los requerimientos que tengamos, para adherirlo a nuestra máquina desgranadora.

Ventajas

- El diseño esta ya realizado.
- El montaje a la máquina desgranadora no es complejo.

Desventajas

- Su costo varía de acuerdo a su marca.
- No tendremos un ventilador con las condiciones necesarias.
- Se necesita realizar o diseñar un nuevo sistema para el funcionamiento del ventilador.

3.3 Descripción del sistema de cierre y apertura de la descarga del producto.

Este sistema está compuesto por una tolva, la misma que tiene una inclinación de 45 grados respectivamente considerando el mismo plano, de esta manera evitamos que las mazorcas se traben debido a la presencia excesiva de las mismas en la tolva.

El sistema de descarga está conformado por un sistema de dos bocas la misma que succionara las impurezas que saldrán separadas del maíz, como su nombre lo indica tendremos dos salidas, lo indica que una será utilizada para la descarga del grano y la otra para la descarga de los desperdicios respectivamente.

Se regulara el sistema de cierre y apertura con un peso adecuado de grano.

3.4 Selección de tipo de desgranado.

Tabla 8. Selección de alternativas

Consideraciones de diseño y características.	COMPONENTES					
	Sistema receptor de mazorca	Sistema de desgrane	Sistema de transmisión	Fuente de energía	Sistema separador de productos	Sistema de limpieza
Utilidad	Tolva de	Raspador	Sistema de	Motor	Salida por	Ventilador

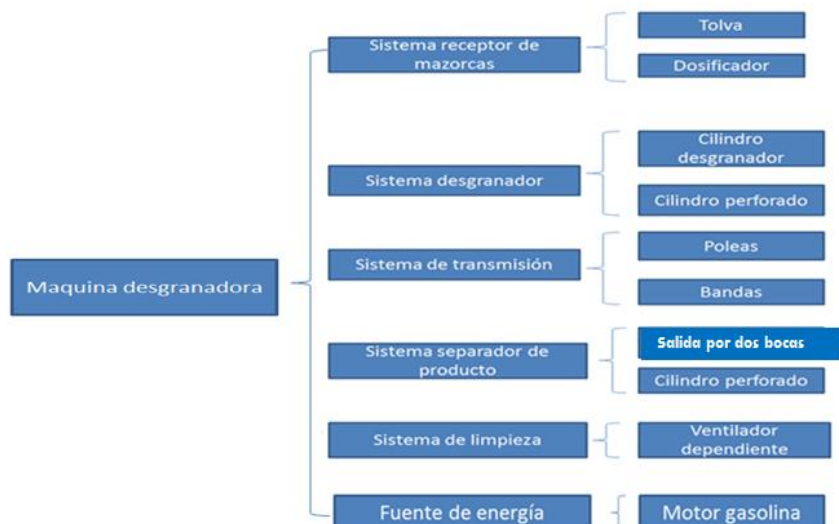
	simple inclinación	desgranador bar	transmisión: bandas y poleas	gasolina	dos bocas	dependiente
Costo	Útil mediana producción	Multifuncionalidad en el desgranado	Necesario y muy útil en sistemas de transmisión	Necesario para el funcionamiento de la desgranadora	Útil para separar el grano y los desperdicios.	Necesario para la limpieza y desalojo de los desperdicios.
Rendimiento	Mediana producción	Alta producción	Regulable para cualquier producción	Alta producción	Alta producción	Alta producción
Mantenimiento	Simple	Simple	Simple	Dependiente del fabricante y su manual de usuario	Simple	Simple
Seguridad	ningún riesgos	Ningún riesgo	Ningún riesgo	Ningún riesgo	Ningún riesgo	Ningún riesgo
Tamaño	Su diseño en esta en función de la cantidad de producción	Su diseño en esta en función de la cantidad de producción	(pequeño , mediano , grande)	Pequeño.	Las bocas de salida serán medianas.	En función de la cantidad de producción
Materiales	Disponible	Disponible	Disponible	Disponible	Disponible	Disponible
Consumo Energético	Ninguno	Mínimo	Depende de la cantidad de producción	Depende de la potencia del mismo	Mínimo	Mínimo

3.5 Determinación del tipo de diseño a realizar en la máquina para el proceso de desgranado de maíz de la costa.

Las máquinas para desgranar en nuestro medio presentan ciertas ventajas para el desgranado de maíz duro, gracias a esto tomaremos muy en cuenta todas las ventajas de las mismas para aprovecharlas al máximo y obtener mayor eficiencia en el desgranado.

Se unirán todos los componentes en función de todas sus ventajas y desventajas antes mencionadas y así se seleccionara el tipo de diseño que se realizara en nuestra desgranadora.

Figura 28.Composición de alternativas



Fuente: Autores.

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO DE LA MÁQUINA

Después de haber analizado todas las alternativas de diseño anteriormente especificadas, procedemos al diseño final de la máquina desgranadora de maíz de la costa, para esto se toma en cuenta todo los parámetros y teoremas existentes sobre el diseño de elementos de máquinas.

Por lo tanto a continuación analizaremos todos los esfuerzos presentes en las diferentes partes de la máquina.

4.1. Diseño del rotor de la recamara

El motor que utilizaremos para el diseño de la desgranadora de maíz de la costa, es un motor Briggs&Stratton de 16 HP a plena carga con 3600 rpm (Anexo B)

Se tomó como referencia tentativa este motor para el diseño de nuestra desgranadora, a continuación se verificara si es el adecuado para el correcto funcionamiento de la máquina desgranadora de maíz de la costa.

El motor tiene 16 HP a 3600rpm, como nosotros trabajaremos a 2000 rpm la potencia del motor es de 8HP, y tiene un torque de 24.5 lb-ft, estos datos son a condiciones de nivel del mar.

Para condiciones en otra región se debe calcular la potencia mediante la siguiente ecuación: [21]

$$P_o = P_e \frac{p_o}{p} \sqrt{\frac{T}{T_o}} \quad (\text{Anexo Z})$$

4.1.1 *Diseño del eje de la transmisión.*

Pot = 8 HP (Anexo B)

w= 2000 rpm (Anexo B)

T=24.5 ft-lb (Anexo B)

$$\text{Pot} = T.N \quad (14)$$

Donde:

Pot = Potencia del motor

T = Torque

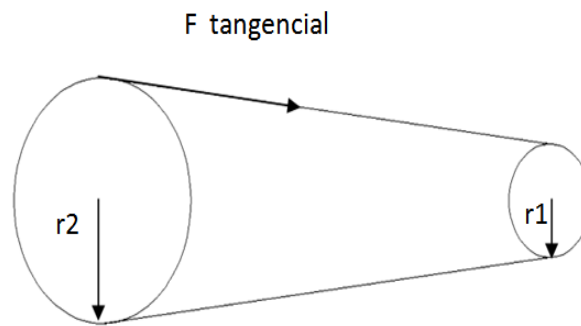
N = Numero de revoluciones

$$T = F_{tan} * r \quad (15)$$

Despejando de la ecuación (15) tenemos que:

$$F_{tan} = \frac{T_{polea menor}}{r_1} = \frac{24.5 \text{ lb} - ft}{0.27 \text{ ft}} = 90.03 \text{ lb}$$

Figura 29. Detalle de la transmisión por banda



Fuente: Autores.

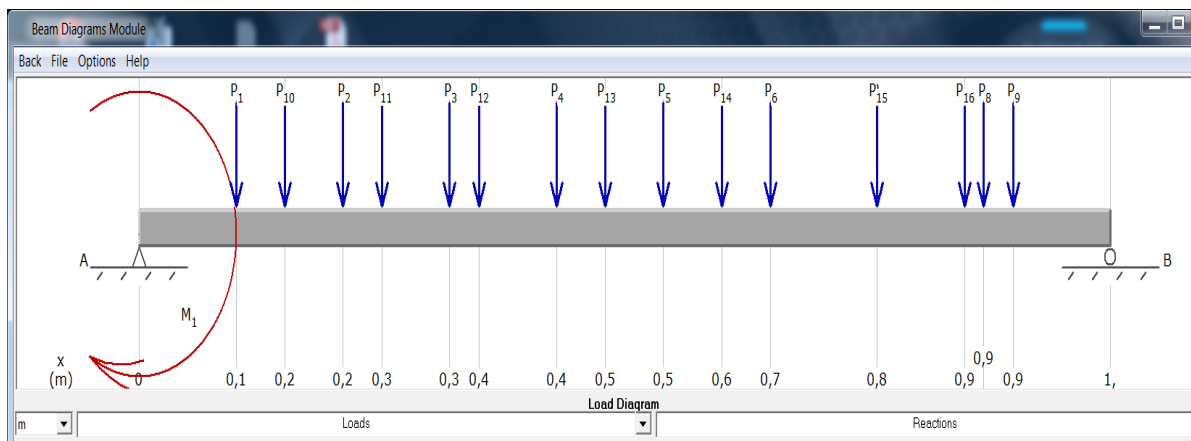
Remplazando en la ecuación (15)

$$T_{Polea mayor} = F_{tangencial} * r_2$$

$$T = 90.036 \text{ lb} * 0.65 \text{ ft} = 58.52 \text{ lb} - ft$$

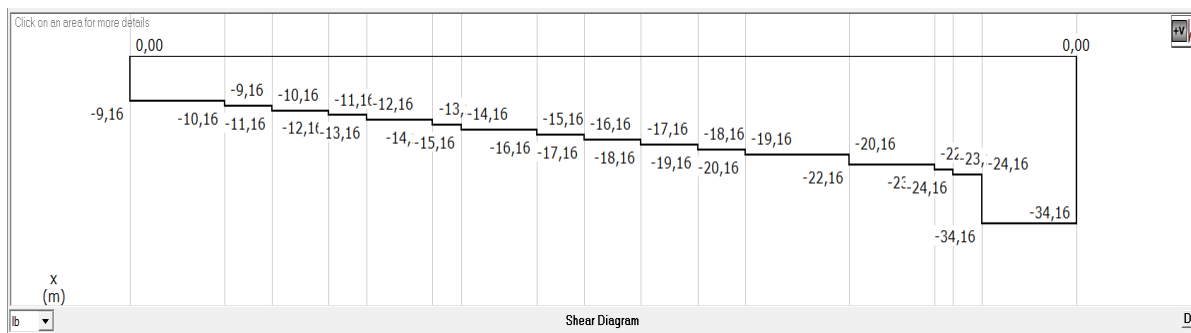
4.1.1.1 Cálculo de Reacciones y Momentos. Los cálculos se realizaron con el software MD Solid 2.6. Figura 29. Diagrama de cuerpo libre.

Figura 30. Diagrama de cuerpo libre.



Fuente: Autores

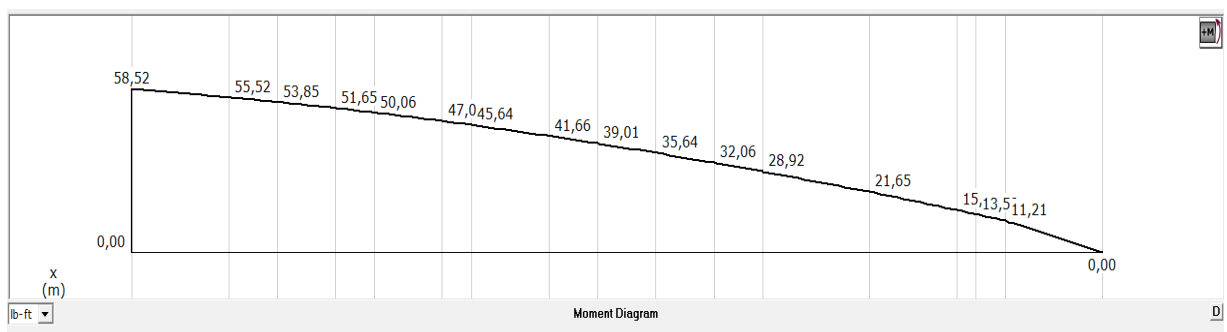
Figura 31. Diagrama de cortante.



Fuente: Autores.

$$R_a = 9.16 \text{ lb} \quad R_b = 34.16 \text{ lb}$$

Figura 32. Diagrama de momento



Fuente: Autores.

$$M_{\text{máx.}} = 58.52 \text{ ft-lb}$$

4.1.1.2. Cálculo de Esfuerzos.

4.1.1.2.1 Esfuerzo de Flexión. El esfuerzo de flexión presenta una fluctuación inversamente completa.

$$\sigma_{\text{Flexion}} = \frac{32M}{\pi d^3} \quad (16)$$

Donde:

M = Momento máximo

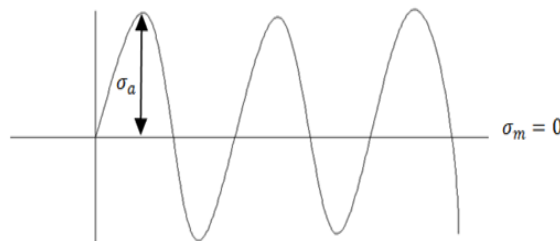
d = Diámetro del eje

Al remplazar valores en ecuación (16) tenemos que:

$$\sigma_{\text{Flexion}} = \frac{32(58.52 \text{ lb} - \text{ft})}{\pi(0.125 \text{ ft})^3} = 305.19 * 10^3 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2}$$

$$\sigma_a = 305.19 * 10^3 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2}$$

Figura 33. Diagrama de esfuerzo Flexión



Fuente: Autores.

4.1.1.2.2 Esfuerzo de Torsión.

El esfuerzo no presenta fluctuación, es constante.

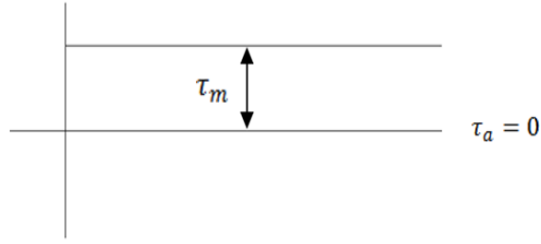
$$\tau = \frac{16T}{\pi d^3} \quad (17)$$

Remplazando en ecuación (17) tenemos que:

$$\tau = \frac{16 * (58.52 \text{ lb} - \text{ft})}{\pi(0.125 \text{ ft})^3} = 152.596 * 10^3 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2}$$

$$\tau_m = 152.596 * 10^3 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2}$$

Figura 34. Diagrama Esfuerzo Torsión.



Fuente: Autores.

4.1.1.2.3 Esfuerzos equivalentes: Von-Misses (Esfuerzos combinados).

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{(\sigma_a)^2 + 3(\tau_a)^2} \quad (18)$$

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{(\sigma_m)^2 + 3(\tau_m)^2} \quad (19)$$

Remplazando valores en la ecuación (18 y 19) tenemos que:

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{\left(305.19 * 10^3 \frac{lb}{ft^2}\right)^2 + 3(0)^2} = 305.19 * 10^3 \frac{lb}{ft^2}$$

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{(0)^2 + 3(152.596 * 10^3 \frac{lb}{ft^2})^2} = 264.304 * 10^3 \frac{lb}{ft^2}$$

4.1.1.2.4 Límite de Fatiga.

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_g S'_e \quad (20)$$

Al no considerar concentración de esfuerzos tenemos que:

$$K_d K_e K_g = 1$$

Datos obtenidos en (Anexo C).

$K_a = 0.8$ para maquinado

$$K_b = 0.869(d)^{-0.097} \text{ para } 0.3 \text{ in} < d \leq 10 \text{ in} \quad (21)$$

d = diámetro del eje

$$K_b = 0.869(1.5)^{-0.097} = 0.8354$$

$$K_c = 0.897 \text{ para un 95\% de confiabilidad}$$

Para obtener el valor de S'_e tenemos que tener los datos de la materia, para lo cual utilizamos (Anexo D):

Tipo de material = AISI 1040

Límite de Elasticidad = $S_y = 71000 \text{ psi}$

Límite ultimo a la ruptura = $S_{ut} = 85000 \text{ psi}$

$$S'_e = 0.5 S_{ut} \text{ para flexion} \quad (22)$$

$$S'_e = 0.5 (85000 \text{ psi}) = 42500 \text{ psi} = 42500 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

Al remplazar en la ecuación (20) tenemos que:

$$S_e = (0.8)(0.8354)(0.897)(42500) = 17.38 * 10^3 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} = 2.5 * 10^6 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2}$$

Aplicamos Goodman para encontrar el factor de seguridad:

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n} \quad (23)$$

Al remplazar valores en la ecuación (23) tenemos que:

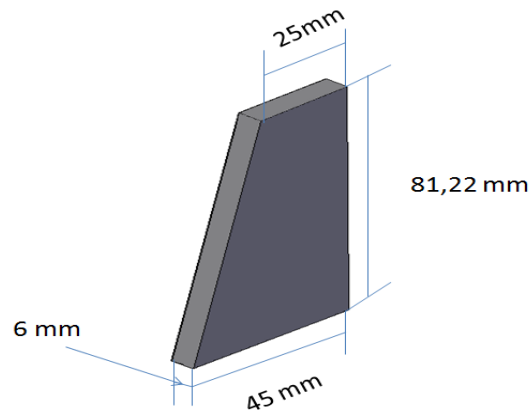
$$\frac{305.19 * 10^3}{2.5 * 10^6} + \frac{264.304 * 10^3}{12.24 * 10^6} = \frac{1}{n}$$

$$n = 4.3$$

Con el resultado obtenido podemos decir que el diámetro del eje, de 1.5 in es adecuado ya que el factor de seguridad es de 4.3, por criterios de diseño se considera aceptable ya que soportara los esfuerzos que se producen durante el funcionamiento de la máquina.

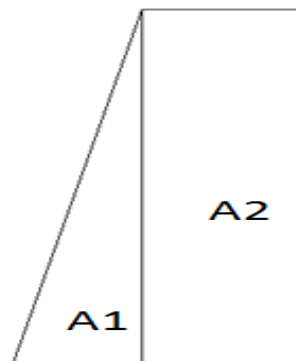
4.1.2 *Diseño de las placas desgranadoras.* Las dimensiones de la placa están en función del espacio interno del cilindro desgranador, posteriormente se procedió con los cálculos para determinar si cumple con los requerimientos de diseño.

Figura 35. Diagrama placa desgranadora



Fuente: Autores.

Figura 36. Diagrama de áreas de la placa desgranadora.



Fuente: Autores.

$$A_1 = \frac{b \cdot h}{2} \quad (24)$$

Al remplazar en la ecuación (24) tenemos que:

$$A_1 = \frac{20 \cdot 81.22}{2} = 812.2 \text{ mm}^2 = 0.0008122 \text{ m}^2$$

$$A_2 = b \cdot h \quad (25)$$

Al remplazar en la ecuación (25) tenemos que:

$$A_2 = 81.22 \cdot 25 = 2030.5 \text{ mm}_2 = 0.0020305 \text{ m}^2.$$

$$A_T = A_1 + A_2 \quad (26)$$

Al remplazar en la ecuación (26) tenemos que:

$$A_T = 2842.7 \text{ mm}^2 = 0.0028 \text{ m}^2$$

$$V_T = A_T \cdot e \quad (27)$$

Donde:

A_T : Areatotaldelaplaca

V_T : Volumentotaldelaplaca

e : Espesordelaplaca

Para realizar los cálculos correspondientes asumiremos un espesor de 6 mm ya que la carga que se le aplicara a la placa durante el funcionamiento será elevada, de esta manera podemos garantizar que la misma no falle por fatiga.

Al remplazar en la ecuación (27) tenemos que:

$$V_T = 0.0028 \text{ m}^2 \cdot 0.006 \text{ m} = 0.0000168 \text{ m}^3$$

Calculamos el peso de cada placa:

$$W = \delta_{material} \cdot V_T \cdot g \quad (28)$$

Donde:

W: Peso

$\delta_{material}$: Densidad del material.

V_T : Volumen total

g : Gravedad.

Remplazando en la ecuación (28) tenemos que:

$$W = 7860 \frac{Kg}{m^3} * 0.0000168m^3 * 9.81 \frac{m}{s^2} = 1.2953 \text{ N}$$

$$W_T = 1.2953 + 190\% de W = 1.2953 + 2.46 = 3.76 \text{ N}$$

Parámetros para cálculo de esfuerzos:

Ya que la fuerza necesaria para arrancar los granos es de 14 N (Tabla 7), para el diseño de la placa, se considerara una carga distribuida en la cara recta de la placa que tendrá un valor de 10.17 lb-ft.

La carga distribuida se calculó con la siguiente ecuación.

$$q = F * l. \quad (29)$$

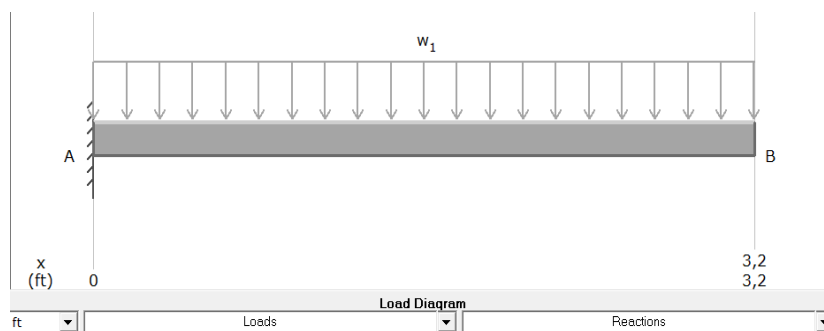
Donde:

q = Carga distribuida.

F = Fuerza necesaria para arrancar el grano.

l = Altura de la placa.

Figura 37. Diagrama de cuerpo libre placa desgranadora.



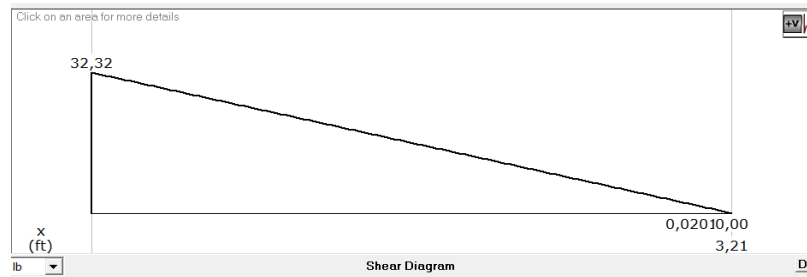
Fuente: Autores.

$W1$ = Carga Distribuida.

Remplazando en la ecuación (29) tenemos que:

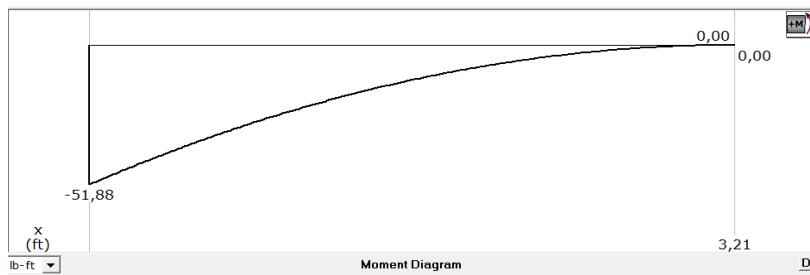
$$q = 10.17 \text{ lb-ft}$$

Figura 38. Diagrama de cortante.



Fuente: Autores.

Figura 39. Diagrama de momentos.



Fuente: Autores.

$$M = 51.88 \text{ lb-ft}$$

$$R = 32.32 \text{ lb}$$

Los esfuerzos presentes en la placa son:

- Corte.
- Flexión.
- Torsión.

Esfuerzo de Corte.

$$\tau = \frac{V}{A} \quad (30)$$

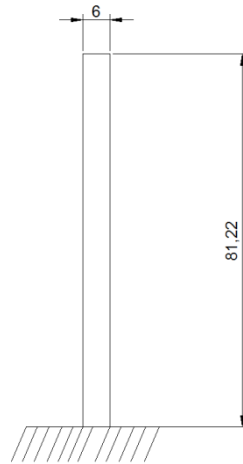
Donde:

τ : Esfuerzo de corte

V: Fuerza de corte

A: Área de corte

Figura 40. Dimensiones de cara plana de placa desgranadora.



Fuente: Autores.

$$A = b * h \quad (31)$$

Al remplazar en la ecuación (31) tenemos que:

$$A = (6mm * 81.22mm)$$

$$A = 487.32mm^2 = 2183,32 ft^2$$

$$V = 3.7214 lb$$

Figura 41.Esfuero de corte.



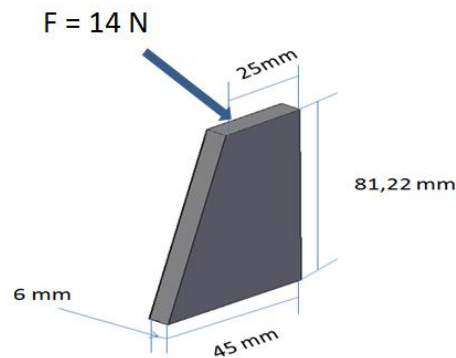
Fuente: Autores.

Al remplazar en la ecuación (30) tenemos que:

$$\tau = \frac{3.7214 \text{ lb}}{2183.32 \text{ ft}^2} = 0,0017 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2}$$

Esfuerzo de flexión.

Figura 42. Placa sometida a flexión.



Fuente: Autores.

El esfuerzo de flexión presenta una fluctuación inversamente completa.

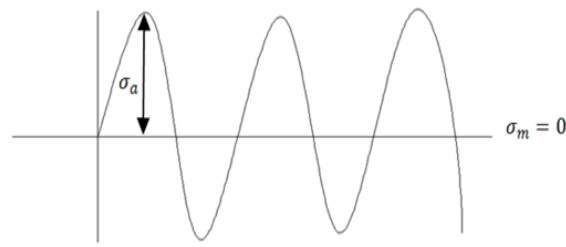
$$\sigma_{\text{Flexion}} = \frac{6M}{bh^2} \quad (32)$$

Al remplazar valores en ecuación (32) tenemos que:

$$\sigma_{\text{Flexion}} = \frac{6(51.88 \text{ lb} - \text{ft})}{(0.14 \text{ ft}) * (0.26 \text{ ft})^2}$$

$$\sigma_a = 32890 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2}$$

Figura 43. Esfuerzo de Flexión.



Fuente: Autores.

Esfuerzos equivalentes: Von-Mises (Esfuerzos combinados):

Remplazando valores en la ecuación (18 y 19) tenemos que:

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{(32890)^2 + 3(0.0017)^2}$$

$$\sigma_{eqa} = 32890 \frac{lb}{ft^2}$$

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{(0)^2 + 3(0)^2}$$

$$\sigma_{eqm} = 0$$

Límite de Fatiga:

Con la ecuación (20) calculamos Se.

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e K_g S'_e$$

Al no considerar concentración de esfuerzos tenemos que:

$$K_d K_e K_g = 1$$

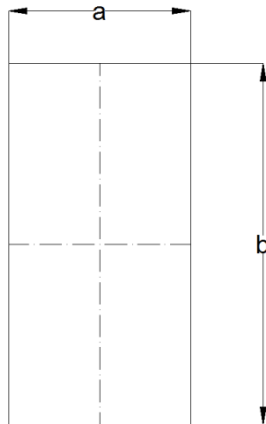
Datos obtenidos en (Anexo C).

$$K_a = 0.8 \text{ para maquinado}$$

Para calcular Kb se debe encontrar el diámetro equivalente mediante la siguiente ecuación:

$$d_e = 0.808 \sqrt{a \cdot b} \quad (33)$$

Figura 44. Descripción de la placa.



Fuente: Autores.

Al remplazar en la ecuación (33) tenemos que:

$$d_e = 0.808\sqrt{6 * 81.22}$$

$$d_e = 22.075 \text{ mm} = 0.86 \text{ in.}$$

Con el diámetro equivalente vamos (Anexo C) y calculamos K_b .

d = diametro equivalente

Al remplazar el diámetro equivalente en la ecuación (21).

$$K_b = 0.869(0.86)^{-0.097} = 0.8818$$

$$K_c = 0.897 \text{ para un 90\% de confiabilidad}$$

Para obtener el valor de S'_e tenemos que tener los datos del material (Anexo D) que vamos a utilizar para el eje:

Tipo de material = AISI 1040

Límite de Elasticidad = $S_y = 71000 \text{ psi}$

Límite ultimo a la ruptura = $S_{ut} = 85000 \text{ psi}$

$$S'_e = 0.5 (85000 \text{ psi}) = 42500 \text{ psi} = 42500 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

Al remplazar en la ecuación (22) tenemos que:

$$S'_e = 0.5 (85000 \text{ psi}) = 42500 \text{ psi} = 42500 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

Al remplazar en la ecuación (20) tenemos que:

$$S_e = (0.8)(0.8818)(0.897)(42500) = 17.38 * 10^3 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} = 2.5 * 10^6 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2}$$

Aplicamos Goldman para encontrar el factor de seguridad con la ecuación (23)

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n}$$

Al remplazar valores en la ecuación (23) tenemos que:

$$\frac{32.890 * 10^3}{2.5 * 10^6} + \frac{0}{8.35 * 10^6} = \frac{1}{n}$$

$$n = 8$$

Con el resultado obtenido podemos decir que las dimensiones de la placa, son aceptables, para los requerimientos de la máquina desgranadora, ya que se obtuvo un coeficiente de seguridad aceptable dentro de condiciones de diseño.

4.1.3 Diseño de la chaveta del eje. El tipo común de chaveta es la cuña cuadrada; donde las proporciones estándar exigen que el ancho de la chaveta sea aproximadamente de ¼ del diámetro del eje. Las chavetas usualmente se hacen de acero de bajo carbono terminado en frío.

Con estas consideraciones; para el diseño de la chaveta se debe considerar que el material del que está compuesto debe ser menos resistente que el material del eje, esto con el fin de remplazar la chaveta y no el eje.

El material de la chaveta es acero de construcción A36, las dimensiones se toman del (Anexo E) tal como sigue:

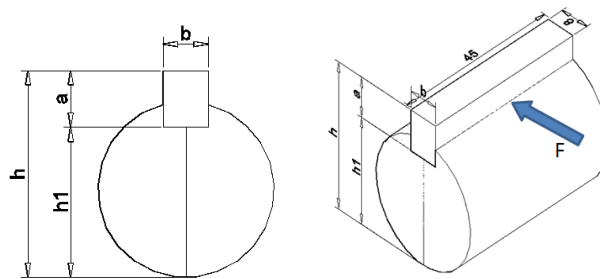
El diámetro de eje que tenemos es de 1.5 pulgadas = 31 mm, por lo tanto se considera lo siguiente:

Tabla 9. Dimensionamiento de la chaveta.

Para chaveta	Para eje	Para cubo de polea
a= 8mm	$h_1 = d - e$	$h = d + f$
b=10mm	$h_1 = 31 - 4.5$	$h = 31+3.5$
	$h_1 = 26.5 \text{ mm}$	$h = 33.5 \text{ mm}$

Fuente: Autores.

Figura 45. Dimensionamiento de la chaveta.



Fuente: Autores.

4.1.3.1 *Cálculo del esfuerzo de corte.* Calculamos el Torque en la polea de mayor diámetro.

$$T = F_t * r_1 \quad (34)$$

$$T = 24.5 \text{ lb-ft}$$

(Anexo B)

$$r_1 = 0.1360 \text{ ft}$$

Al remplazar en ecuación (34) tenemos que:

$$F_t = 180.147 \text{ lb}$$

$$T = F_t * r_2 \quad (35)$$

$$r_2 = 0.3254 \text{ ft}$$

Al remplazar en ecuación (35) tenemos que:

$$T = 58.61 \text{ lb-ft}$$

Calculamos el momento Torsor con la siguiente ecuación:

$$M_{torsor} = r_2 * (T_2 - T_1) \quad (36)$$

$$M_{torsor} = 0.3254 \text{ ft} * ((58.61 \text{ lb} - \text{ft}) - (24.51 \text{ lb} - \text{ft}))$$

$$M_{torsor} = 11.09 \text{ lb} - \text{ft}$$

$$r_e = 0.125 \text{ ft}$$

$$F = \frac{M_{torsor}}{r_e} \quad (37)$$

$$F = \frac{11.09 \text{ lb} - \text{ft}}{0.125 \text{ ft}}$$

$$F = 88.72 \text{ lb}$$

Para determinar el área de corte tomamos como referencia la (Figura 45).

$$A_c = 0.0126 \text{ ft} * 0.032 \text{ ft}$$

$$A_c = 4.13 * 10^{-4} \text{ ft}^2$$

Al remplazar los datos obtenidos en la ecuación (30) tenemos que:

$$\tau = \frac{88.72 \text{ lb}}{4.13 * 10^{-4} \text{ ft}^2}$$

$$\tau = 220039.68 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^2} = 2.92 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

Para el acero A36 el límite de fluencia es $S_y = 2530 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$.

El límite a cortante $S_{yy} = \frac{S_y}{2}$

$$S_{yy} = 1264 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

Para que la chaveta resista a cortante debe cumplirse la siguiente condición:

$$\tau \leq S_{yy}$$

Lo cual si cumple ya que:

$$2.92 \leq 1264$$

4.1.3.2 *Cálculo del esfuerzo de aplastamiento en el chavetero.* Se determina el área de aplastamiento de acuerdo a la (Figura 45)

$$A_{\text{aplastamiento}} = 1 * 4.5 = 4.5 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{\text{aplastamiento}} = \frac{F}{A_{\text{aplastamiento}}}$$

$$\sigma_{\text{aplastamiento}} = \frac{88.72 \text{ lb}}{4.5 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma_{\text{aplastamiento}} = 19.8 \frac{\text{lb}}{\text{cm}^2} = 8.94 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

Para que la chaveta resista el aplastamiento, debe cumplir con la siguiente condición:

$$\sigma_{\text{aplastamiento}} \leq S_y$$

Lo cual si cumple ya que:

$$8.94 \leq 2530$$

4.1.4 *Selección de chumaceras.* La utilización de los cojinetes de rodamiento es muy importante para reducir la fricción del eje que está rotando; En este caso la fricción de deslizamiento se sustituye por fricción de rodamiento.

Como las áreas de contacto son pequeñas y los esfuerzos altos, las partes de los rodamientos sobre las que actúa normalmente fuerzas se hacen de materiales duros de alta resistencia, superiores a los materiales del eje y del elemento exterior.

Constan de un anillo superior e inferior, bolas y rodillos. Una parte adicional de del cojinete, por lo común, es un retén o separador, que mantienen la separación de las bolas o rodillos.

La fabricación de rodamientos y chumaceras es múltiple y variada y las mayores casas productoras a nivel mundial son las FAG, SKF, las cuales disponen de catálogos.

Estos se identifican mediante un número, dan información completa sobre las dimensiones, listan las capacidades nominales de carga, y proporciona detalles concernientes al montaje, lubricación y operación.

Para la selección de rodamientos se debe tomar en cuenta la rapidez del giro; en el cual se distinguen dos tipos; el de sollicitación estático cuando el rodamiento esta en reposo y el de sollicitación dinámico cuando gira rápidamente.

En nuestro caso se deben utilizar chumaceras de pared.

4.1.4.1 Cálculo del factor de esfuerzo estático.

$$f_s = \frac{C_{requerido}}{P_0} \quad (38)$$

Donde:

f_s : Factor de esfuerzo estático (1 – 1.5 para exigencias normales)

$C_{requerido}$: Capacidad de carga estática requerida

P_0 : Carga estática equivalente

Para determinar la carga estática equivalente se hace uso de la siguiente expresión:

$$P_0 = X_0 \cdot F_r + Y_0 \cdot F_a \quad (39)$$

Donde:

X_0 : Factor de carga radial

F_r : Carga radial

Y_0 : Factor de carga axial

F_a : Carga axial

Las cargas radiales están ya determinadas en la (Figura 31), en este caso no hay carga axial.

Ra=9.16 lb

Rb=34.16 lb

$$R_{a2}=32.32 \text{ lb}$$

Aplicamos Pitágoras y tenemos la fuerza resultante en a, la misma que es la fuerza radial, la fuerza axial es 0.

$$R_{aresultante} = \sqrt{(R_a)^2 + (R_{a2})^2}$$

$$R_{aresultante} = 33.59 \text{ lb}$$

Asumimos un $f_s = 1.5$ y remplazando en la ecuación (38) se tiene.

$$C_{0 \text{ requerido}} = 1.5 P_0$$

Existen dos alternativas para calcular la carga estática equivalente:

$$P_0 = F_r, \text{ cuando } \frac{F_a}{F_r} \leq 0.8$$

$$P_0 = 0.6F_r + 0.5F_a, \text{ cuando } \frac{F_a}{F_r} > 0.8$$

Como no tenemos fuerza axial, por lo tanto $\frac{F_a}{F_r} = 0$, $P_0 = F_r$.

Al remplazar en la ecuación (39) tenemos que:

$$C_{0 \text{ requerido}} = 50.385 \text{ lb}$$

4.1.4.2 *Cálculo de los rodamientos solicitados dinámicamente.* La capacidad de carga dinámica requerida se obtiene:

$$C_{requerido} = \frac{f_L f_z}{f_n} \cdot P \quad (40)$$

Donde:

ρ : Exponente de duración (3 para rodamientos de bolas)

f_z : Factor de corrección para transmision (2 para bandas trapeciales)

P : Es la carga equivalente ($P = XF_r + YF_a$, $X = 1$),

$Y = 0$, considerando carga axial mínima.

De la consideración anterior tenemos que:

$$P = XF_r \quad (41)$$

Remplazando en la ecuación (41) tenemos que:

$$P = 50.385 \text{ lb}$$

Para encontrar el factor de velocidad f_n se dispone:

$$f_n = \sqrt[n]{\frac{\rho}{33\frac{1}{3}}} \quad (42)$$

Donde la velocidad angular equivalente $n=833.33 \text{ rpm}$

Remplazando en la ecuación (42) tenemos que:

$$f_n = 0.33$$

El factor dinámico se determina por:

$$f_L = \sqrt{\frac{\rho L_h}{500}} \quad (43)$$

L_h Es la duración de horas de funcionamiento, se considera que la máquina funcionara 8 horas diarias durante la temporada de cosecha de la costa (Julio-Septiembre) durante un periodo de 2 años, se tiene $L_h = 1100 \text{ horas}$.

Al remplazar en la ecuación (43) tenemos que:

$$f_L = 1.3$$

Sustituimos los valores obtenidos en la ecuación (40), y tenemos la capacidad de carga dinámica:

$$C_{requerido} = 396.97 \text{ lb}$$

Con el diámetro del eje 1.5 in , la carga dinámica C requerida y la carga estática C_0 Se selecciona en el catálogo (Anexo 6), chumaceras que cumplan con la condición $C > C_{req}$ y $C_0 > C_{o req}$, obteniéndose chumaceras **FAG** de la serie **S16208.108**

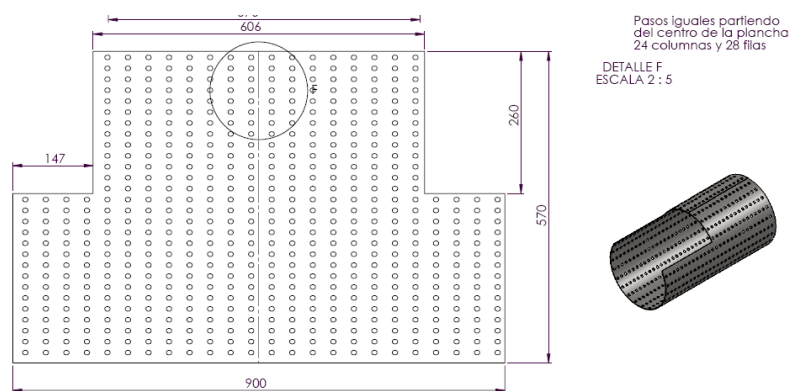
4.2 Diseño del estator de la recamara. El estator de la recamara es un cilindro perforado, el mismo que cumple la función de dejar pasar solamente al maíz y manteniendo dentro las cascara y las tuzas de la mazorca de maíz.

Su diseño está en función del tamaño de los granos de maíz, de la altura de las placas desgranadoras y del diámetro y longitud de la mazorca.

Sus dimensiones fueron determinadas experimentalmente durante la construcción de la máquina.

A continuación se detallan sus dimensiones:

Figura 46. Cilindro perforado.



Fuente: Autores.

4.2. Diseño y selección del tipo de transmisión

4.3.1 Especificaciones.

Diámetro de grano = 50 mm = 0.05 m

Diámetro medio de las mazorcas de maíz = 46mm = 0.046m

Longitud máxima = 118 mm = 0,18 m

4.3.1.1 Capacidad de desgrane.

Que la capacidad de la máquina de maíz desgranado

$$\text{Capacidad desgranado maiz} = \frac{50 \text{ qq}}{\text{hora}} = \frac{2576 \text{ Kg}}{\text{hora}} = \frac{20608 \text{ Kg}}{\text{dia}}$$

Se trabajaran 8 horas diarias

$$\text{Capacidad desgranado maiz} = \frac{2576 \text{ kg}}{\text{hora}} * \frac{8 \text{ horas}}{\text{dia}} = \frac{20608 \text{ Kg}}{\text{dia}}$$

Para obtener el desgrane de 2576kg/hora se requiere aproximadamente un motor de 8 HP.

Al igual que para el diseño del eje, asumimos la misma potencia de 16 HP, motor gasolina para el suministro de energía adecuada, ya que a 2000 rpm el motor nos dará 8 HP (Anexo B).

$$\text{De energía, } P = T\omega \quad (44)$$

Donde T = Torque desarrollado

$$P = 8\text{HP}$$

$$W=2000 \text{ rpm}$$

Despejando y remplazando en la ecuación (44) tenemos que:

$$T = \frac{P}{\omega}$$

$$T = 24.5 \text{ lb} - \text{ft} \quad (\text{Anexo B})$$

4.3.1.2 Relación de Velocidad. Debido a que la polea motriz va acoplada al eje de salida de un motor de combustión interna, el número de revoluciones en la polea motriz toma el mismo valor que el del motor, un valor de 2000rpm.

La relación de velocidad entre el conductor y el conducido, para evitar el deslizamiento se expresa como:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{d_2}{d_1} = i \quad (45)$$

La velocidad permisible para que el grano no se rompa es de $v = 4.8 \frac{m}{s}$ (Tabla 6).

$$V = \omega * r \quad (46)$$

$$\omega = \frac{4.18 \frac{m}{s}}{0.045m} = 92.88 \frac{rad}{s} = 833.33 \text{ rpm}$$

Remplazando en la ecuación (45) tenemos que:

$$i = \frac{\text{Velocidad del motor}}{\text{Velocidad sistema desgranador}} = \frac{2000}{833.33} = 2.4$$

Relación de velocidad: $i=2.4$

4.3.1.3 Potencia Corregida. Para considerar la potencia corregida se considera el factor de servicio que va de acuerdo al tipo de servicio y al tipo de accionamiento, es decir:

$$P_C = P_T * C \quad (47)$$

Dónde:

$C=1.4$ es una constante para servicio normal y accionamiento por motor de combustión:(Anexo 7a)

$P_T = 8 \text{ HP}$, es la potencia del motor a una velocidad de 2000 rpm.

Al remplazar en (47) obtenemos la potencia corregida:

$$P_C = 11.2 \text{ HP} = 11.3568 \text{ CV}$$

Selección del tipo de banda y tamaño de polea:

Existen Varios tipos de banda, se selecciona una banda trapecial; la misma que puede ser del tipo A, B, C, D, G, E, F y Z, cada una de estas con diferentes dimensiones:

Para determinar el tipo de banda es necesario conocer la potencia corregida $P_C = 11.3568 \text{ CV}$ y el número de revoluciones de la polea motriz $n = 2000 \text{ rpm}$.

De acuerdo al (Anexo H) con estos datos se tiene una banda de tipo B.

4.3.1.4 Dimensionamiento de polea motriz y conducida.

El diámetro de la polea motriz está determinado por el tipo de banda y el ángulo de garganta de la polea. De acuerdo al (Anexo I) se tiene:

$$D_2 = 125 \text{ a } 190 \text{ mm}$$

Se escoge $D_2 = 125 \text{ mm}$ para la polea motriz

De acuerdo a la ecuación (45) tenemos:

$$D_3 = i * D_2$$

$$D_3 = 300 \text{ mm}$$

4.3.1.5 *Cálculo de distancia entre centros.* Existen dos criterios para determinar la distancia entre centros I , cuando:

$$1 \leq i \leq 3 \quad (48)$$

Entonces la distancia entre centros I se tiene:

$$I \geq \left[\frac{(i+1)D_2}{2} + D_2 \right] \text{ mm} \quad (49)$$

Y cuando:

$$i \geq 3 \quad (50)$$

Se tiene:

$$I \geq D_3 \quad (51)$$

En nuestro caso tomamos el primer criterio ya que $i \leq 3$.

$$I \geq 337.5 \text{ mm}$$

4.3.1.6 *Calculo de la longitud primitiva de la banda.*

$$L = \left[2.1 + 1.57(D_3 + D_2) + \frac{(D_3 - D_2)^2}{4I} \right] \text{ mm} \quad (52)$$

Donde:

$I = 337.5 \text{ mm}$ Distancia entre centros.

$$D_3 = 300 \text{ mm}$$

$$D_2 = 125mm$$

Remplazando en (52)

$$L = 1365 \text{ mm}$$

4.3.1.7 *Determinación de la notación de banda.* Con la longitud primitiva $L=1365 \text{ mm}$ y la distancia entre centros $I=337.5 \text{ mm}$ se determina la notación de banda (Anexo J), encontrando los siguientes valores:

$$L' = 1396 \text{ mm} > L, \text{ entonces se tiene una nueva distancia entre centros}$$

$$I' = \left[I + \left(\frac{L' - L}{2} \right) \right] mm \quad (53)$$

$$I' = 353 \text{ mm}$$

Se requiere una banda B53 1/4

4.3.1.8 *Determinación del ángulo de contacto en la polea menor y mayor.* El ángulo de contacto en la polea menor θ_2 se determina mediante:

$$\theta_2 = \pi - 2 \arcsen\left(\frac{D_3 - D_2}{2I'}\right) \quad (54)$$

Donde:

θ_2 : Ángulo de garganta de la polea menor

D_2 : Diámetro de la polea menor

D_3 : Diámetro de la polea mayor

Remplazando D_3, D_2 e I' en (54) se tiene:

$$\theta_2 = 149.021^\circ$$

El ángulo de contacto con la polea mayor:

$$\theta_3 = \pi + 2 \arcsen \left(\frac{300-125}{2(353)} \right) \quad (55)$$

$$\theta_3 = 208.7^\circ$$

Donde:

θ_3 : Angulo de contacto de la polea mayor.

4.3.2 *Cálculo de la potencia transmisible por banda.* La potencia transmisible por banda viene dada por la siguiente ecuación:

$$P_u = (P_b + P_d) \cdot C_x \cdot C_l \quad (56)$$

Donde:

P_b : Prestacion base

P_d : Prestacion adicional

C_x : Factor de correccion para arcos de contacto $< 180^\circ$

C_L : Factor de correccion por el tipo de correa

Con el número de revoluciones de la polea motriz $n_2 = 3600 \text{ rpm}$, el diametro $D_2 = 100 \text{ mm}$ y el tipo de banda B53 1/4 se tiene interpolando (Anexo K):

$$P_b = 4.95$$

$$P_d = 0.9$$

$$C_x = 0.92$$

$$C_L = 0.90$$

Remplazando en la ecuación (56) tenemos que:

$$P_U = (4.95 + 0.9) * 0.92 * 0.9 = 4.84 \text{ CV}$$

4.3.2 Cálculo del número de bandas. El número de bandas Ω que deben estar en este sistema de transmisión: Se determinan con la siguiente ecuación:

$$\Omega = \frac{P_C}{P_U} \quad (57)$$

$$\Omega = \frac{11.2}{4.84} = 2 \text{ Bandas.}$$

4.3.3 Verificación de la velocidad.

$$V = \left[\frac{0.052 D_2 \cdot n_2}{1000} \right] \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (58)$$

$$V = \left[\frac{0.052 * 100 * 2000}{1000} \right] = 10 \text{ m/s}$$

Esta velocidad debe ser comprendida en el intervalo:

$$[5 \leq V \leq 10] \text{ m/s}$$

Como $10 \leq 10 \text{ m/s}$ se acepta como válida la banda seleccionada.

4.3.5 Factor de Seguridad.

$$F_s = \frac{P_a * N_b}{P_{nominal} * K_s} \quad (59)$$

P_a : Potencia transmitida por banda.

K_s : Factor de servicio (Anexo O)

N_b : Numero de bandas

Remplazando valores en la ecuación (59) tenemos que:

$$F_s = 1.34$$

4.3.6 *Calculo de las fuerzas en la transmisión por bandas.* Para encontrar las fuerzas que se producen en una transmisión por banda, se han desarrollado dos criterios:

El primer criterio relaciona el par de torsión producido con la potencia y la respectiva velocidad lineal. Se expresa con la siguiente ecuación:

$$(T_1 - T_2) = \frac{330000H}{V} \quad (60)$$

El segundo criterio relaciona las fuerzas con el ángulo de contacto y en el coeficiente de fricción entre la banda y la polea. Se expresa con la siguiente ecuación:

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\frac{\mu \cdot \theta}{\sin \beta}} \quad (61)$$

Donde:

T_1 : Tension en el lado flojo

T_2 : Tension en el lado tenso.

$H = 8 \text{ HP}$, es la potencia del motor.

$V = 10 \text{ m/s}$, es la velocidad lineal.

$\mu = 0.3$, es el coeficiente de fricción entre la banda de cuero y la polea de aluminio.

$\beta = 17^\circ$, es la mitad del angulo de garganta.

$\theta = 208.7^\circ = 3.63 \text{ rad}$, angulo de contacto en la polea.

$e = 2.7183$, es la constante logarítmica natural.

Remplazando H y V en la ecuación (60) se tiene:

$$T_1 - T_2 = 143.26 \text{ lb}$$

Mientras que al remplazar μ, ϕ, e y β en la ecuación (61) tenemos que:

$$\frac{T_1}{T_2} = 41.45$$

Al resolver el sistema de ecuaciones de **(60)** y **(61)** se consigue que:

$$T_1 = 47.08 \text{ Kg}$$

$$T_2 = 27.93 \text{ Kg}$$

4.3.7 *Calculo del número de pasadas.*

$$N_p = \left[\left(\frac{k}{T_1} \right)^{-b} + \left(\frac{k}{T_2} \right)^{-b} \right]^{-1} \quad (62)$$

$$K = 1193 \quad (\text{Anexo P})$$

$$b = 10.926 \quad (\text{Anexo P})$$

$$N_p = 87485471.96 \text{ PASADAS}$$

4.3.8 *Vida de la banda.*

$$t = \frac{N_p * L_p}{720 * v} \quad (63)$$

$$t = 2609.609377 \text{ HORAS}$$

En el siguiente esquema se presentan los ángulos de contacto θ de las poleas, las tensiones T_1 , T_2 y la descomposición de estas fuerzas en los ejes rotados (x' y'):

El ángulo γ se obtiene por relación geométrica:

$$\gamma = \frac{\theta_3 - 180^\circ}{2} \quad (64)$$

Donde $\theta_3 = 208.7^\circ$ determinado en la ecuación **(55)** que al remplazar obtenemos que:

Remplazando en la ecuación **(64)** tenemos que:

$$\gamma = 14.35^\circ$$

Al descomponer T_1 y T_2 en el plano (x' y') se tiene:

$$\sum F_{x'} = T_{x1'} - T_{x2'} \quad (65)$$

$$\sum F_{x'} = (T_1 - T_2) \cdot \text{sen} \gamma \quad (66)$$

Remplazando T_1 y T_2 , γ en (66)

$$\sum F_{x'} = 16.2 \text{ Kg}$$

Por igual procedimiento se tiene:

$$\sum F_{y'} = (T_1 - T_2) \cdot \text{cos} \gamma \quad (67)$$

$$\sum F_{y'} = 62.97 \text{ Kg}$$

La resultante de las dos componentes se la calcula mediante el teorema de Pitágoras:

$$T_R = \sqrt{(\sum F_{x'})^2 + (\sum F_{y'})^2}$$

$$T_R = 65.02 \text{ Kg}$$

El ángulo ψ respecto a x' se encuentra mediante:

$$\tan \psi = \frac{\sum F_{x'}}{\sum F_{y'}}$$

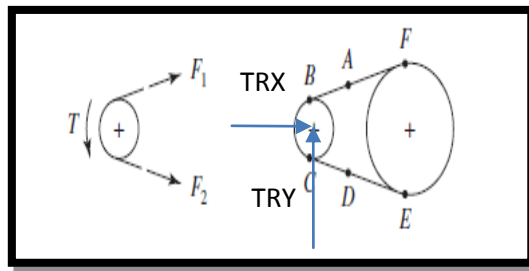
$$\psi = 14.42^\circ$$

Ahora al descomponer la fuerza resultante respecto al eje (XY) se tiene:

$$T_{RX} = 165.18 \text{ Kg}$$

$$T_{Ry} = 8.41 \text{ Kg}$$

Figura 47. Diagrama de Fuerzas.



Fuente: Autores

4.3.9 *Diseño del sistema de limpieza.* Para la limpieza se utiliza un ventilador independiente centrífugo radial, por ser recomendado para limpiar polvos e impurezas tal como recomienda [11]. A este tipo de ventilador también se lo denomina “caballo de batalla”. Tiene las siguientes características.

- Su rendimiento está entre el 55 a 69 % como se determina en el (Anexo Q, R)
- El ruido que produce está en función del tamaño.
- Maneja volúmenes de aire a altas presiones.
- Son los más adecuados para conducir corrientes de aire con alto contenido de polvo e impurezas.
- Las aspas radiales son planas lo que permite reducir acumulación de materiales e impurezas.
- Son económicos y fáciles de construir.
- No ocupa mucha energía.

Para elaborar y analizar el funcionamiento del ventilador, se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- El ventilador debe adaptarse al espacio disponible.
- Debe estar colocado al final del sistema desgranador.

- Debe tener fuerza y velocidad de corriente adecuada para limpiar polvos e impurezas.
- La relación de transmisión es la misma antes calculada, ya que el ventilador es independiente del sistema de transmisión antes determinado.

Para determinar la velocidad que permita separar las impurezas de los granos del maíz, se hace uso de la siguiente ecuación aerodinámica [12].

$$F_a = \frac{c \cdot A_e \cdot \rho_a \cdot v_y^2}{2} \quad (68)$$

Donde:

F_a : Fuerza ascendente del aire (N)

c : Coeficiente adimensional de forma dado en anexo 4a

A_e : Area de proyeccion de la particula perpendicular a la V_y

V_y : Velocidad de ascenso del polvo o impureza.

ρ_a : Densidad del aire expuesto en (Anexo D)

La fuerza de la corriente de aire (F) se descompone en el plano X-Y, puesto que el boquete de salida para las impurezas está inclinado. En este caso la fuerza ascendente F_a es igual a la fuerza componente F_y .

Para que la impureza se eleve la fuerza ascendente debe cumplir con la siguiente condición:

$$F_a > w_i$$

Si el peso de la impureza W_i es mayor que la fuerza ascendente entonces el cuerpo cae y no sube.

Se considera que el ventilador limpiara impurezas de hasta el 10% del peso del grano de maíz.

El peso promedio por grano de maíz es de $w_m = 3.68 \times 10^{-3} \text{ N}$, para el peso de la impureza al 10% seria:

$$w_i = w_m \cdot \frac{10\%}{100\%} \quad (69)$$

$$w_i = (3.68 \times 10^{-3}) \cdot \frac{10\%}{100\%}$$

$$w_i = 3.68 \times 10^{-4} \text{ N.}$$

Por la condición (4.4) la fuerza ascendente F_a debe ser mayor a $3.68 \times 10^{-3} \text{ N}$.

Para lo cual se asume un valor de $F_a = 5 \times 10^{-4} \text{ N}$ que aun sigue siendo el 14% del peso del grano. No se considera una fuerza mayor, debido a que la corriente puede arrastrar los granos y este no es el fin más que limpiar impurezas.

La densidad del aire tiene el valor de $\rho_a = 1.188 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ a la temperatura ambiente de 25°C , considerado del (Anexo S).

El coeficiente dimensional “c”, depende de la forma de la partícula o en otras palabras de sus cualidades aerodinámicas. Aunque los cuerpos pueden de forma irregular, se asumen las formas más aproximadas a cuerpos irregulares. Así por ejemplo existen coeficientes a dimensionales para partículas con formas de: disco, esféricas, o aerodinámicas.

Al desgranar maíz suelen desprenderse de la tusa unas impurezas a las que se les denomina escama de tusa, por tener la forma de disco: El coeficiente a dimensional de un disco se define en (Anexo T) y tiene el valor de $c=1.2$

Se realizó mediciones del diámetro de las escamas de tusa, obteniéndose un diámetro promedio de $D_{et} = 4\text{mm} = 0.004 \text{ m}$.

$$A_e = \frac{\pi \cdot D_{et}^2}{4} \quad (70)$$

$$A_e = \frac{\pi \cdot (0.004)^2}{4}$$

$$A_e = 1.26 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

Al remplazar los valores antes calculados en la ecuación (70) se determina la velocidad de ascenso V_y :

$$V_y = \sqrt{\frac{2.F_a}{c.A_c.\rho_a}} \quad (71)$$

$$V_y = \sqrt{\frac{2.(5 \times 10^{-4})}{(1.2)(1.26 \times 10^{-5})(1.188)}}$$

$$V_y = 5.16 \frac{m}{s}$$

$$V_R = 5.16 \frac{m}{s}$$

Esta es la velocidad necesaria para levantar las impurezas en dirección “Y”.

Para determinar la velocidad inicial del chorro V_o justo a la salida del ventilador, se hace referencia al (Anexo U).

Donde:

$d = d_{eq}$: Es el diámetro equivalente del boquete rectangular de salida del ventilador.

V_x : V_r : Es la velocidad de salida del aire al exterior de la máquina.

X : Distancia desde el boquete del ventilador al boquete de salida de impurezas.

α : Es el ángulo de inclinación de la salida del chorro respecto al plano inclinado por donde salen las impurezas.

De acuerdo al espacio disponible de la máquina, la altura y el ancho de la ventana de salida tienen los siguientes valores:

$$a = 17 \text{ cm} = 0.17 \text{ m}$$

$$b = 16 \text{ cm} = 0.16 \text{ m}$$

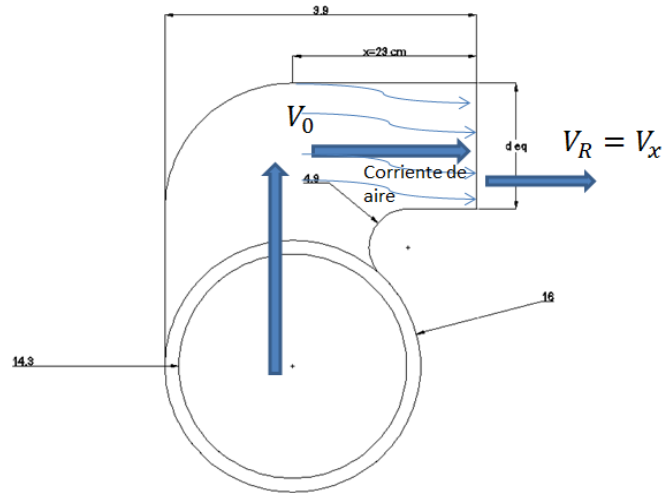
Con estos valores se determina el diámetro equivalente d_{eq} , con la siguiente ecuación:

$$d_{eq} = \left(\frac{4.a.b}{\pi} \right)^{0.5} \quad (72)$$

$$d_{eq} = \left(\frac{4(0.17)(0.16)}{\pi} \right)^{0.5} = 0.18 \text{ m}$$

En la siguiente figura se muestra el comportamiento del chorro de aire que sale del ventilador-

Figura 48. Flujo de aire para arrastrar impurezas.



Fuente: Autores

Al aplicar la siguiente relación entre el diámetro equivalente y la distancia del recorrido de flujo x , se tiene:

$$\frac{x}{d_{eq}} = \varepsilon \quad (73)$$

$$\varepsilon = \frac{23 \text{ cm}}{8.4 \text{ cm}}$$

$$\varepsilon = 2.7$$

Para este valor se tiene la siguiente relación de velocidades:

$$\frac{v_r}{v_0} = 0.86 \quad (74)$$

$$v_0 = \frac{v_r}{0.86}$$

$$v_0 = \frac{5.16 \text{ m/s}}{0.86} = 6 \text{ m/s}$$

Determinamos el área de la ventana del ventilador por donde sale el flujo de aire, con $a=0.17$ m y $b=0.16$ m.

$$A_{vs} = a \cdot b \quad (75)$$

$$A_{vs} = (0.17)(0.16)$$

$$A_{vs} = 0.0272 m^2$$

Con $V_0 = 6 \frac{m}{s}$ y $A_{vs} = 0.0272 m^2$ se encuentra el caudal de aire, con la siguiente ecuación:

$$Q = V_0 \cdot A_{vs} \quad (76)$$

$$Q = (6)(0.0272)$$

$$Q = 0.163 \frac{m^3}{s}$$

El diámetro de la voluta por el espacio disponible de la maquina alcanzo un valor de $D_v = 23.5 cm = 0.235 m$

Con D_v se define el diámetro externo de las paletas del rotor, dando un valor aproximado de

$$D_2 = 16.5 cm = 0.165 m$$

De acuerdo a Wiesmann, ver (Anexo V) se da a conocer el diámetro interno del rotor D_1 , con la siguiente relación.

$$\frac{D_2}{D_1} = i \quad (77)$$

Para este caso se asume $i=1.80$, según se observa en el (Anexo V), al remplazar en (77) tenemos que:

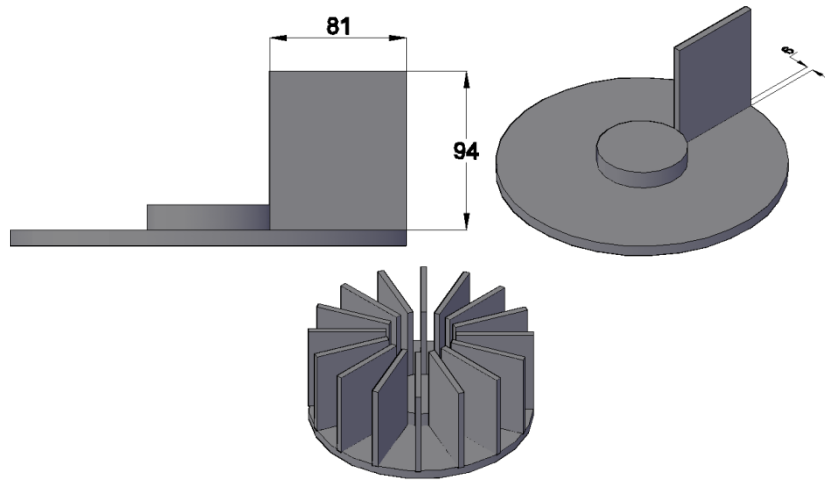
$$D_1 = 0.091 m$$

En ventiladores de aspas curvas radiales el número de aspas n_a para nuestro caso lo asumimos:

En nuestro caso asumimos 16 aspas:

Las aspas están construidas de acero tomado de un tubo de 1/1/2 pulgada de diámetro y con un espesor de $6 mm = 0.006 m$, las dimensiones de la aleta son: $81 mm \times 94 mm$.

Figura 49. Diagrama de aspas del ventilador.



Fuente: Autores.

El ancho de la aspa está dado por la siguiente relación:

$$b_2 = \frac{b}{3.26} \quad (78)$$

Donde:

b_2 : Ancho de aspa

b : Ancho de la voluta

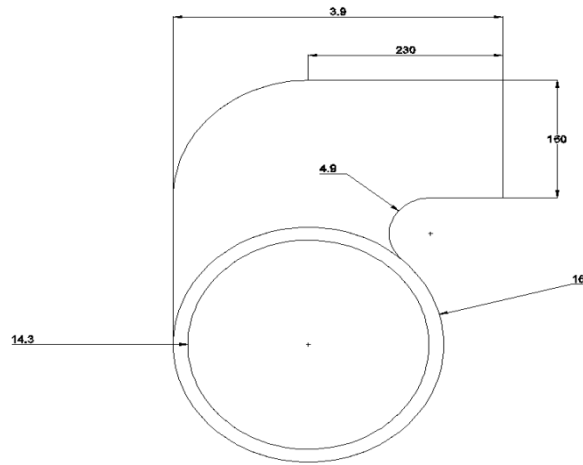
Remplazando en **(78)** tenemos que:

$$b_2 = \frac{170 \text{ mm}}{3.26} = 52 \text{ mm} = 0.052 \text{ m}$$

Asumimos que $b_2 = 52 \text{ cm} = 0.052 \text{ m}$.

Detalle de dimensiones del ventilador.

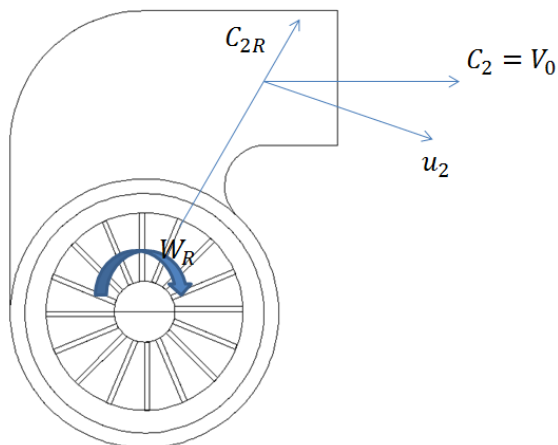
Figura 50. Dimensiones de voluta y diagrama del ventilador.



Fuente: Autores.

4.3.9.1 Análisis de potencia para el ventilador. En el extremo de los alabes curvos se produce una relación de velocidades entre; la velocidad tangencial del rotor u_2 , la velocidad radial del fluido c_{2R} y la velocidad resultante de salida del aire c_2 . En este caso $c_2 = V_0 = 14 \text{ m/s}$, determinada en la ecuación (74).

Figura 51. Relación de velocidades en la periferia del rotor.



Fuente: Autores.

Para determinar la velocidad radial de flujo c_{2R} se hace uso de la ecuación:

$$c_{2R} = \frac{Q}{b_2 \cdot (\pi \cdot D_2 - n_a \cdot e)} \quad (79)$$

$$c_{2R} = \frac{0.13}{0.052(\pi \cdot 0.165 - 0)}$$

$$c_{2R} = 4 \frac{m}{s}$$

Aplicando el teorema de Pitágoras, se determina u_2 :

$$u_2 = \sqrt{c_2^2 - c_{2R}^2} \quad (80)$$

$$u_2 = \sqrt{6^2 - 4^2} = 4.5 \text{ m/s}$$

Se conoce además la velocidad angular W_R que viene dada por la siguiente expresión:

$$W_R = \frac{u_2}{R_2} \quad (81)$$

$$W_R = \frac{4.53}{0.052} = 87.26 \frac{\text{rad}}{s} = 833.33 \text{ rpm}$$

W_R es la velocidad angular a la que debe girar el ventilador para poder aspirar para luego expulsar los desperdicios hacia el exterior de la máquina.

La variación de presión total ΔP que se provoca en el ventilador, viene determinada de acuerdo a la relación de diámetros $\frac{D_2}{D_1}$ de donde se asumió $i=1.8$.

De acuerdo al (Anexo V), se tiene:

$$\Delta p = 123 \text{ mm H}_2\text{O} = 1205 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Con $\Delta p = 1205 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$, la densidad del aire $\rho_a = 1.188 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ a la temperatura ambiente de 20°C y la gravedad $g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, se determina la altura de presión h con la siguiente ecuación:

$$h = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} \quad (82)$$

$$h = \frac{1205}{(1.88) \cdot (9.8)}$$

$$h = 103.5 \text{ m}$$

A continuación se determina la potencia útil del ventilador P_u que es el trabajo comunicado por la máquina en un segundo al fluido (aire) y se determina [13] por la siguiente relación:

$$P_u = \rho \cdot Q \cdot g \cdot h \quad (83)$$

$$P_u = \left(1.188 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) \cdot \left(0.13 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) \cdot \left(9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \cdot (103.5 \text{ m})$$

$$P_u = 156.64 \text{ w}$$

La potencia suministrada al eje del ventilador P_{ev} se determina a través de la relación entre el rendimiento

Del ventilador n y la potencia útil P_u . Para ventiladores de aspas radiales, n toma valores que van desde 56% al 69 % tal como se ve en él (Anexo 8a), se asume $n=0.6$ y se tiene:

$$P_{ev} = \frac{P_u}{n} \quad (84)$$

Donde:

P_{ev} : Potencia requerida en el ventilador.

$$P_{ev} = 261 \text{ w} = 0.5 \text{ HP}$$

Donde P_{ev} es la potencia que se necesita en el eje del ventilador para producir un caudal de aire de $0.13 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$.

4.3. Diseño de la tolva.

El diseño de la tolva es muy importante ya que un mal diseño produciría un estancamiento de las mazorcas, debido a su acumulamiento en el dosificador, debido a esto tendríamos graves problemas con el proceso de desgranado de maíz.

Analizando ventajas y desventajas que presentan los diferentes tipos de tolvas, y en función de facilidad de diseño y disponibilidad de materiales para su construcción se optó por seleccionar una tolva de simple inclinación.

Para diseñar y dimensionar la tolva se considera que en la misma se alimentaran 10 mazorcas a la vez.

Las dimensiones de la tolva están en función de:

- Longitud y diámetro de la mazorca.
- Rozamiento producido entre las superficies de la mazorca y la lámina metálica de acero.
- Ángulo de inclinación que nos permitan evitar la fricción estática.

Según los análisis realizados en la experimentación con las mazorcas se determinó que a un ángulo de 25° se produce la fricción estática la que mantiene a nuestra mazorca en reposo absoluto, en la misma experimentación pudimos determinar que a un ángulo de 40° garantizamos que la mazorca se deslice hacia el desgranador de una forma eficaz.

De las tablas 2.1, 2.3 y 2.6 tomamos los datos obtenidos en la experimentación para realizar el dimensionamiento del plato inferior.

$$D_m = 0.055m, L_m = 0.25m, m = 0.14Kg, g = 9.8 \frac{m}{s}, V_i = 4.18 \frac{m}{s}.$$

Con estos datos determinamos la longitud aproximada del plato por el que se deslizaran las mazorcas.

Por sumatoria de fuerzas en el eje Y.

$$\sum F_y = 0$$

$$N_{\perp} - W_y = 0 \quad (85)$$

$$N_{\perp} = W \cos 40^{\circ} = m \cdot g \cdot \cos 40^{\circ} = 0.104(9.8)(\cos 40^{\circ})$$

$$N_{\perp} = 0.780N$$

Sumatoria de fuerzas en el eje X.

$$\sum F_x = m \cdot a$$

$$W_x - F_r = m \cdot a \quad (86)$$

$$W \sin 40^\circ - \mu \cdot N_\perp = m \cdot a$$

$$a = \frac{m \cdot g \cdot \sin 40^\circ - \mu \cdot N_\perp}{m} = \frac{0.104(9.8)(\sin 40^\circ) - (0.623)(0.780)}{0.104} = 1.62 \frac{m}{s^2}$$

Con una $V_i = 4.18 \text{ m/s}$ el maíz se rompe por lo tanto asumimos un tiempo menor a un segundo para poder determinar una velocidad adecuada en la cual el maíz no se rompa.

$$t = 0.7 \text{ s}$$

$$V = a \cdot t + V_0 \quad (87)$$

$$V = (1.62)(0.7) = 1.12 \frac{m}{s}$$

La velocidad de caída de la mazorca con un plano inclinado de 40° es inferior, a la velocidad a la cual se produce su rotura.

Aplicando la siguiente ecuación calculamos la longitud.

$$x = V_0 t + \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} (1.62)(0.7)^2 \quad (88)$$

$$x = x_i = 0.24 \text{ m}$$

Las dimensiones para el diseño de la tolva están en función del volumen de mazorcas que se requiere alimentar hacia la máquina.

4.4.1 Cálculo de volumen de mazorca. La geometría de una mazorca de maíz es muy similar a la geometría de un cilindro o también de un cono, en nuestro caso tomaremos la fórmula de volumen de un cilindro para calcular el volumen de la mazorca.

$$V_m = \pi \cdot r^2 \cdot h \quad (89)$$

El diámetro de la mazorca es igual a 55 mm, y su longitud es de 250 mm.

Al remplazar en la ecuación (89) tenemos que:

$$V_m = \pi * (27.5^2) * 250$$

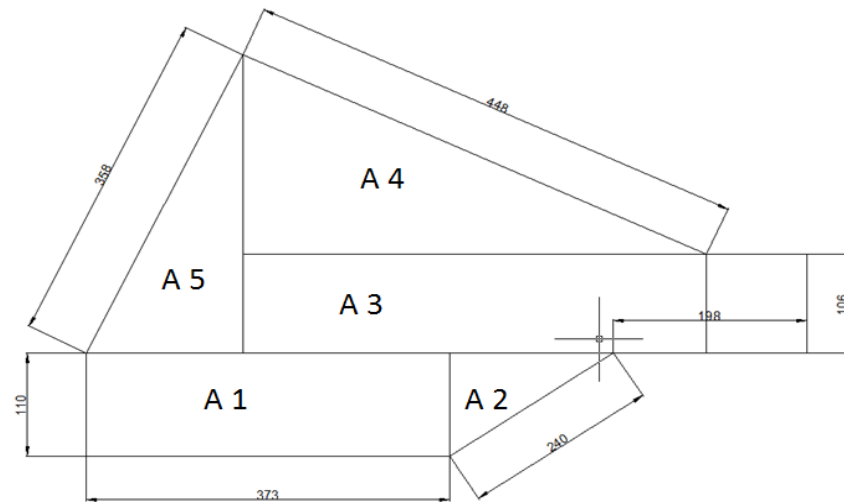
$$V_m = 593957,36 \text{ mm}^3 = 0,000593 \text{ m}^3$$

Para el dimensionamiento de nuestra tolva tomaremos en cuenta que se alimentaran 10 mazorcas a la vez.

$$V_t = 0.000593 * 10 = 0.00593 \text{ m}^3$$

La tolva debe tener un volumen superior al calculado para las diez mazorcas por lo tanto se dimensionara en función de estos parámetros.

Figura 52. Descripción del sistema receptor.



Fuente: Autores.

El área total de la (Figura 52) es:

$$A_t = 0.1776 \text{ m}^2$$

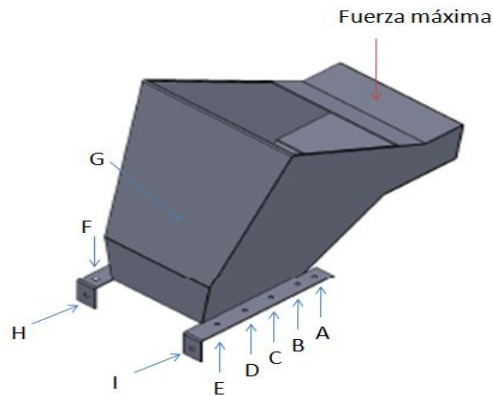
Con el área A_t calculamos el V_t .

$$V_t = 0.0665 \text{ m}^3$$

Con esto se determina que las 10 mazorcas de maíz caben correctamente dentro de la tolva.

4.5.5 Diseño de pernos en la placa base del sistema receptor.

Figura 53. Detalle de ubicación de pernos.



Fuente: Autores.

De acuerdo a la (Figura 53) se observa que los pernos A, B, C, D, E, F, G están soportando cargas de tensión y los pernos H, I están soportando cargas de corte. El análisis de diseño se realiza para los pernos que soportan las cargas mayores que serían los pernos F, A, H, I.

Para tracción primaria con los pernos F y A.

$$P = \frac{P_{max}}{7}$$

$$P = \frac{51.08}{7} = 7.29kg = 16 lb (\text{Carga a tracción})$$

$$V = \frac{P_{max}}{2} = \frac{51.08}{2} = 25.54Kg = 56.23 lb (\text{Carga a corte})$$

La función de la placa es sostener el sistema receptor de la mazorca en la base. Las cargas laterales en el sistema desgranador son mínimas.

Se asumen tornillos de $\frac{3}{8}in$ que tiene las siguientes características de los pernos en según (Anexos W).

$$A_t = 0.11in^2 \text{ Para cada perno de } \frac{3}{8}in \text{ y } S_p = 33 Kpsi.$$

Remplazando datos en ecuación:

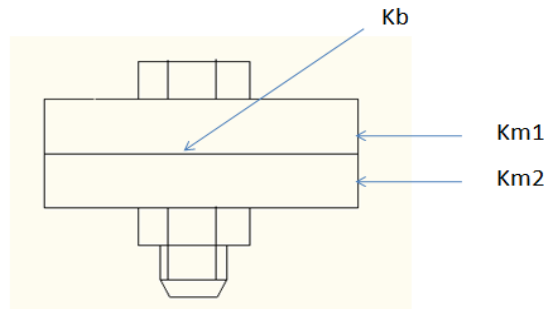
$$F_t = 0.6 \cdot F_p = 0.6 \cdot S_p \cdot A_t \quad (90)$$

Obtenemos:

$$F_i = 0.6 * 33000 \frac{lb}{in^2} * 0.11 in^2 = 2178 lb$$

La rigidez toma el valor del perno de $\frac{3}{8}$ al igual que el perno en F, calculado con la ecuación (90).

Figura 54. Representación del perno.



Fuente: Autores.

$$K_b = \frac{A_b \cdot E}{L} K_b = \frac{0.049 * 30 * 10^6}{0.236} = 6.228E^6 \frac{lb}{in}$$

Para determinar Km utilizamos la ecuación:

$$K_m = \frac{A_m \cdot E}{L} \quad (91)$$

Pero antes se determina Km1 y Km2 que tienen diferentes espesores tal como ve en la (Figura 54).

Con diámetro nominal $d_b = \frac{3}{8} in$, $E = 30 \times 10^6$ psi, L variable con valores de 10mm y 3mm, se determinan K_{m1} y K_{m2} con la ecuación (91).

$$K_{m1} = 5.84 \times 10^6 \frac{lb}{in}$$

$$K_{m2} = 35.09 \times 10^6 \frac{lb}{in}$$

Remplazando estos valores en la ecuación:

$$K_m = \frac{K_{m1} K_{m2}}{K_{m1} + K_{m2}} \quad (92)$$

$$K_m = 5 \times 10^6 \frac{lb}{in}$$

De la ecuación:

$$C = \frac{K_b}{K_m + K_b} \quad (93)$$

Se obtiene la constante de unión C:

$$C=0.56$$

Con $N=1$ perno y los valores encontrados F_i, P, C, S_y y A_t calculamos el coeficiente de seguridad n reemplazando en la ecuación:

$$F_i + \frac{C \cdot P \cdot n}{N} \leq S_y \cdot A_t \quad (94)$$

$$n=7$$

La resistencia máxima a cortante τ_{ad} , asume el mismo valor calculado:

$$\tau_{ad} = 37200 \text{ lb}$$

Con $V_Q = 256.27 \text{ lb}$, $A_c = 0.11 \text{ in}^2$ y la ecuación:

$$\tau_A = \frac{V_{corte}}{A_{corte}} \quad (95)$$

Se determina el esfuerzo τ_A .

$$\tau_A = 13488 \text{ psi}$$

Donde; según la ecuación

$$\eta = \frac{\tau_{ad}}{\tau_A} \quad (96)$$

El coeficiente de seguridad a cortante n se tiene:

$$n=2.78$$

De acuerdo con el factor de seguridad encontrado tanto a cortante como a tracción, se debe utilizar pernos de $\frac{3}{8}$ in.

4.4. Diseño de la bancada

La bancada se la dimensiono en función a los parámetros antes diseñados, tanto para cumplir funciones de soporte y resistencia para todos los elementos presentes en la máquina desgranadora, como para cumplir parámetros de estética.

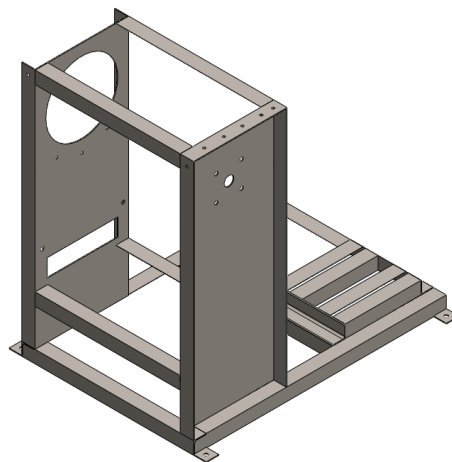
Para determinar si la estructura o soporte de la máquina tiene el diseño adecuado para resistir, tanto los esfuerzos presentes debido a torque del motor , esfuerzos presentes en cada elemento de la máquina , se realizó un análisis con la ayuda de software para análisis de elementos finitos.

El Análisis de elementos finitos (FEA) brinda una técnica numérica fiable para analizar los diseños de ingeniería. Los programas de análisis de elementos finitos consideran el modelo como una red de elementos discretos interconectados.

El Método de elementos finitos (FEM) predice el comportamiento del modelo mediante la combinación de la información obtenida a partir de todos los elementos que conforman el modelo

1. La obtención del modelo geométrico, se lo realiza en un software paramétrico capaz de incluir todas las características dimensionales que propone el diseño.

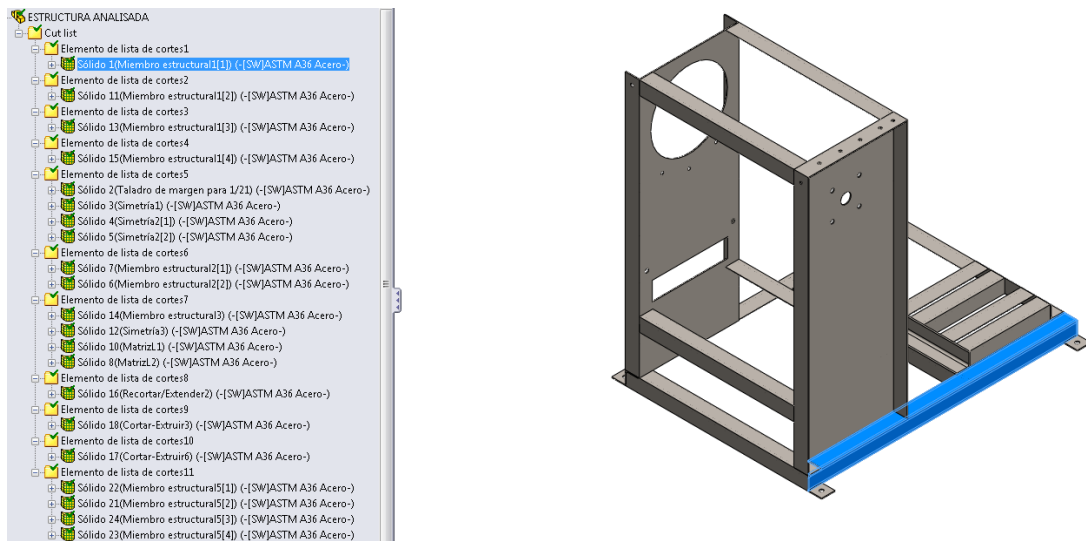
Figura 55. Estructura o bancada de la máquina.



Fuente: Autores.

2. Para el análisis utilizando el método de elementos finitos se requieren parámetros que definan las características esenciales del diseño, entre las características necesarias es definir el tipo de material con el que va hacer construido toda la estructura donde va a soportar las cargas, para este caso se ha definido como material un acero ASTM A36.

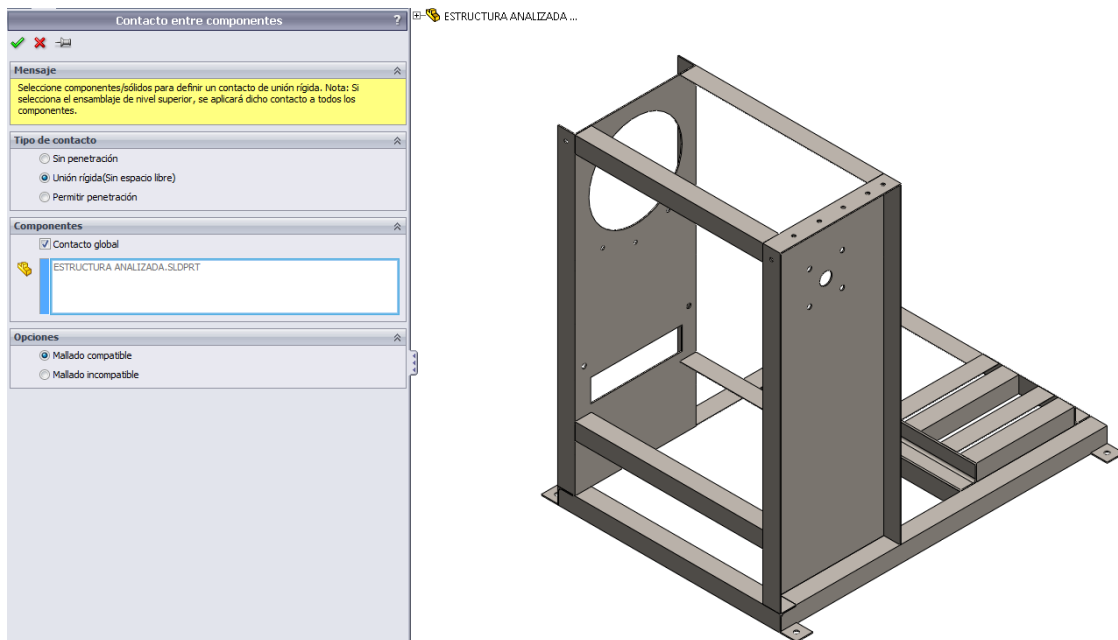
Figura 56. Selección del tipo del material.



Fuente: Autores.

3. Se define a continuación el tipo de contacto que va a existir entre todos los elementos que constituyen, para que se define un tipo de contacto de unión rígida lo cual determinara que los componentes o sólidos seleccionados se comporten como si estuvieran soldados durante la simulación.

Figura 57. Tipo de contacto.

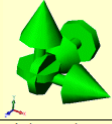


Fuente: Autores.

4. La sujeción permite prescribir desplazamientos de cero y distintos de cero en vértices, aristas o caras para utilizarlos con estudios estáticos. Para vigas, establece los grados de libertad de traslación y rotación en cero. Al usar este tipo de restricción, no se necesita geometría de referencia alguna.

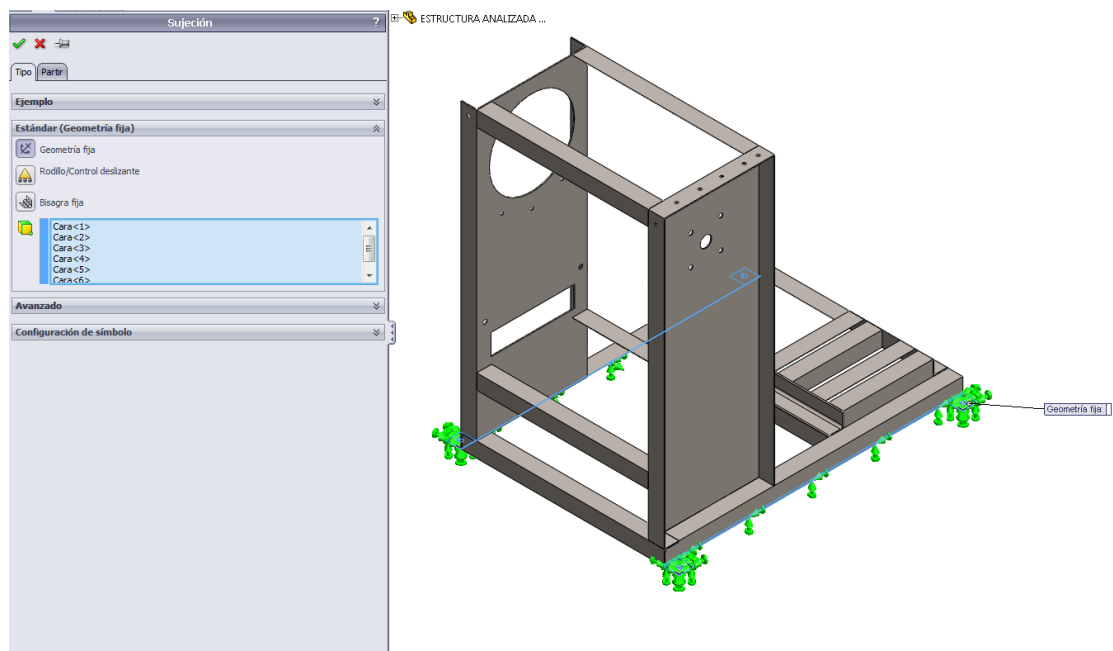
La siguiente tabla resume los atributos y entradas necesarias para esta restricción:

Tabla 10. Restricciones

Atributo	Valor
GDL restringidos para mallas sólidas	3 traslaciones
GDL restringidos para vaciados y vigas	3 traslaciones y 3 rotaciones
GDL restringidos para juntas de cabezas de armadura	3 traslaciones
Símbolo 3D (las flechas son para las traslaciones y los discos, para las rotaciones)	
Entidades seleccionables	Vértices, aristas, caras y juntas de viga
Entidad de referencia seleccionable	No aplicable
Traslaciones	No aplicable
Rotaciones	No aplicable

Fuente: Autores.

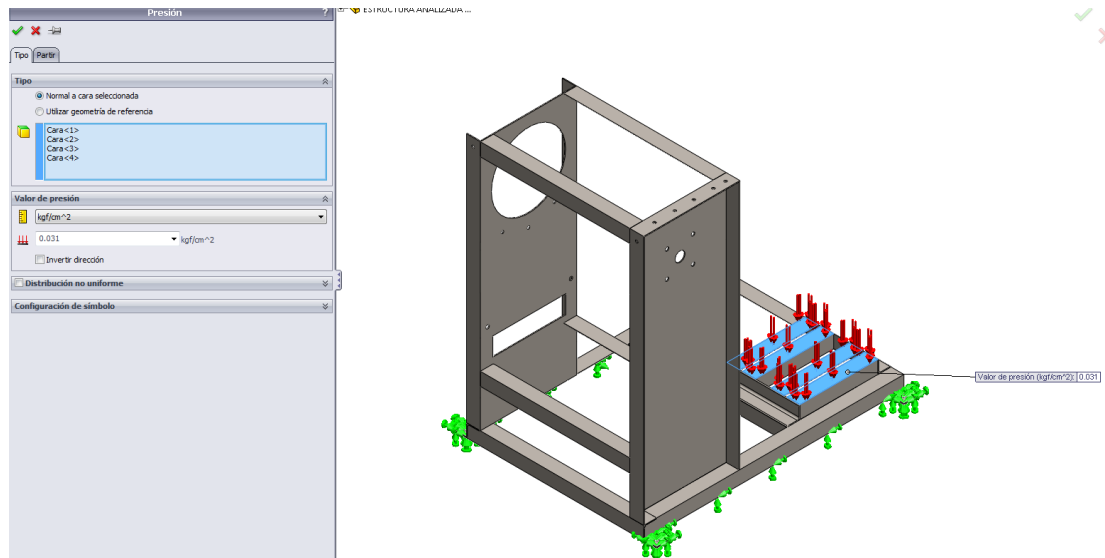
Figura 58. Sujeciones.



Fuente: Autores.

- El proceso continua y se debe ingresar información sobre las cargas a las que va a estar expuesta la estructura en este caso se aplica presión para eso seleccione caras de modelos sólidos y el valor es de $0,031 \text{ kg/cm}^2$.

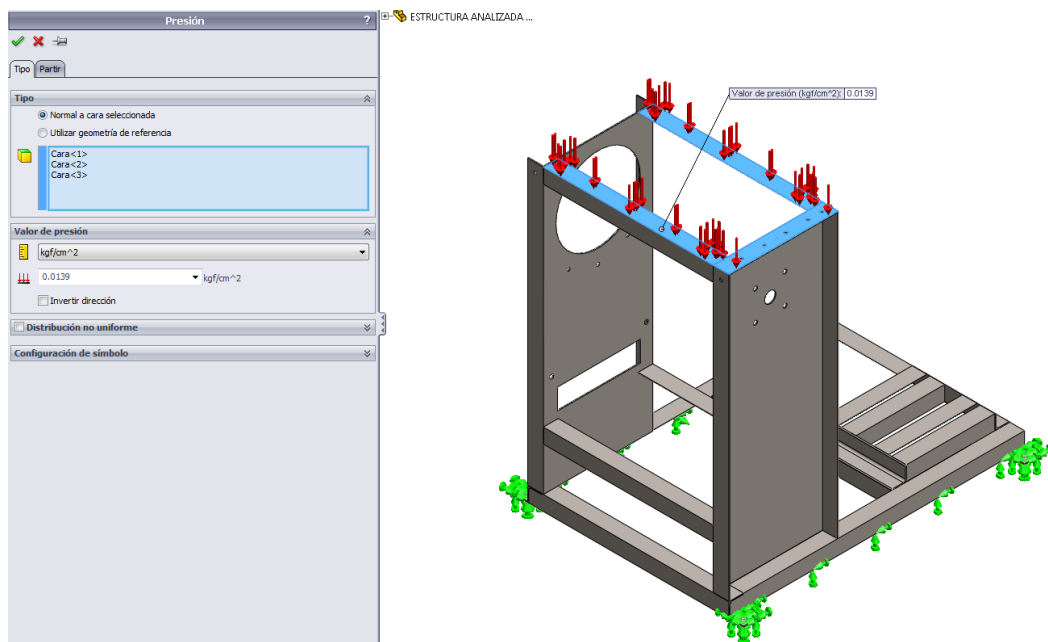
Figura 59. Cargas.



Fuente: Autores.

6. Se selecciona las siguientes caras y de igual manera se ubica el valor de presión uniforme correspondiente al valor de $0,0139 \text{ kg/cm}^2$

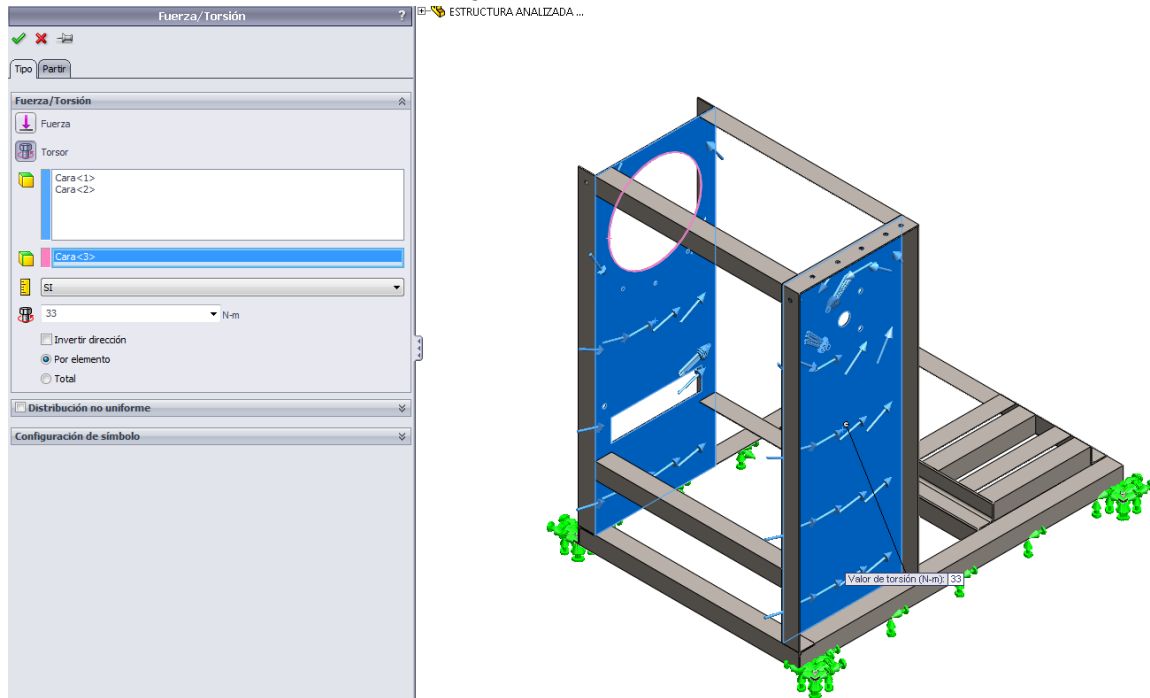
Figura 60. Cargas.



Fuente: Autores

7. Se requiere aplicar, momentos o torsiones distribuidos de manera uniforme en caras, en una dirección, para su uso en estudios estructurales. Se selecciona las caras de influencia y se ubica un valor de 33 Nm .

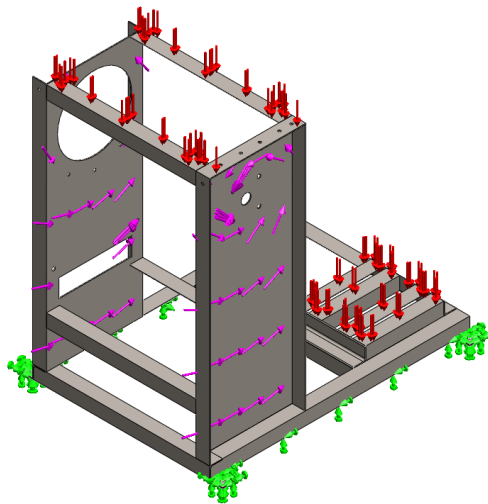
Figura 61. Momentos.



Fuente: Autores.

8. El resultado sobre el modelo de la aplicación de cargas se muestra a continuación.

Figura 62. Diagrama con todas las cargas aplicadas.



Fuente: Autores.

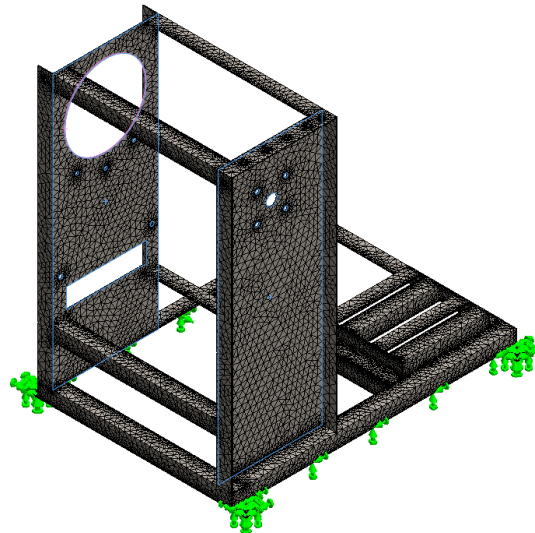
9. El mallado es un paso crucial en el análisis de diseño. El mallado automático en el software genera una malla basándose en un tamaño de elemento global, una tolerancia y especificaciones locales de control de malla.

El software estima un tamaño de elemento global para el modelo tomando en cuenta su volumen, área de superficie y otros detalles geométricos. El tamaño de la malla generada (número de nodos y elementos) depende de la geometría y las cotas del

modelo, el tamaño del elemento, la tolerancia de la malla, el control de malla y las especificaciones de contacto. En las primeras etapas del análisis de diseño donde los resultados aproximados pueden resultar suficientes, puede especificar un tamaño de elemento mayor para una solución más rápida. Para obtener una solución más precisa, es posible que sea necesario utilizar un tamaño de elemento más pequeño. El mallado genera elementos sólidos tetraédricos en 3D, elementos de vaciado triangulares en 2D y elementos de viga en 1D.

Figura 63. Mallado.

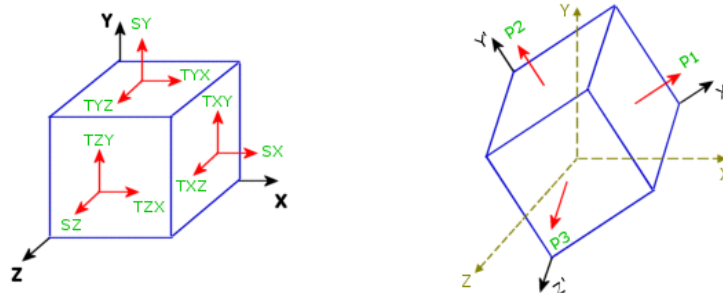
Nombre de modelo: ESTRUCTURA ANALIZADA
Nombre de estudio: Estudio 1
Tipo de malla: Malla de sólido



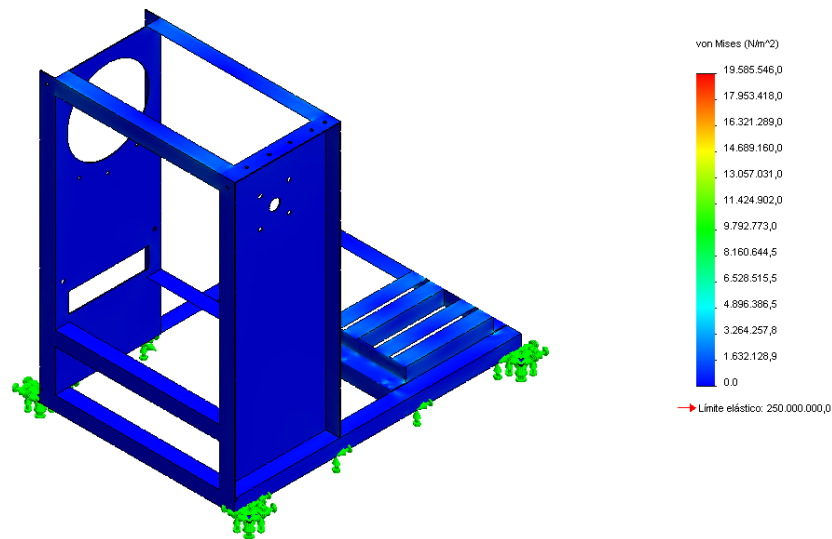
Fuente: Autores.

10. A continuación se proporciona una solución para el análisis de tensión. El estado de las tensiones en un punto está completamente definido por los componentes de tensión normal y cortante con referencia a un sistema de coordenadas ortogonal XYZ. En general, los valores de los componentes de tensión cambian si se gira el sistema de coordenadas. A una orientación determinada ($X'Y'Z'$), todas las tensiones cortantes desaparecen y el estado de las tensiones se define completamente mediante tres componentes de tensión normal. Estos 3 componentes de tensión normal se denominan tensiones principales y los ejes de referencia correspondientes ($X'Y'Z'$) se denominan ejes principales.

Figura 64. Componentes de tensión.



Nombre de modelo: ESTRUCTURA ANALIZADA
 Nombre de estudio: Estudio 1
 Tipo de resultado: Static tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 1

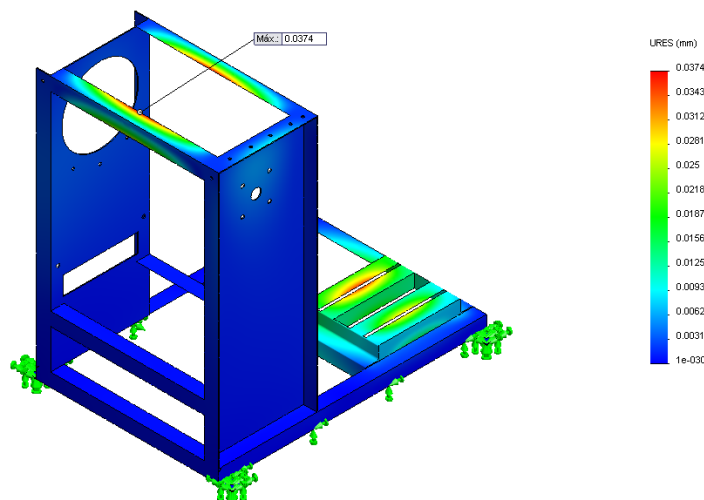


Fuente: Autores

11. Le permite trazar desplazamientos para estudios estáticos.

Figura 65. Desplazamientos.

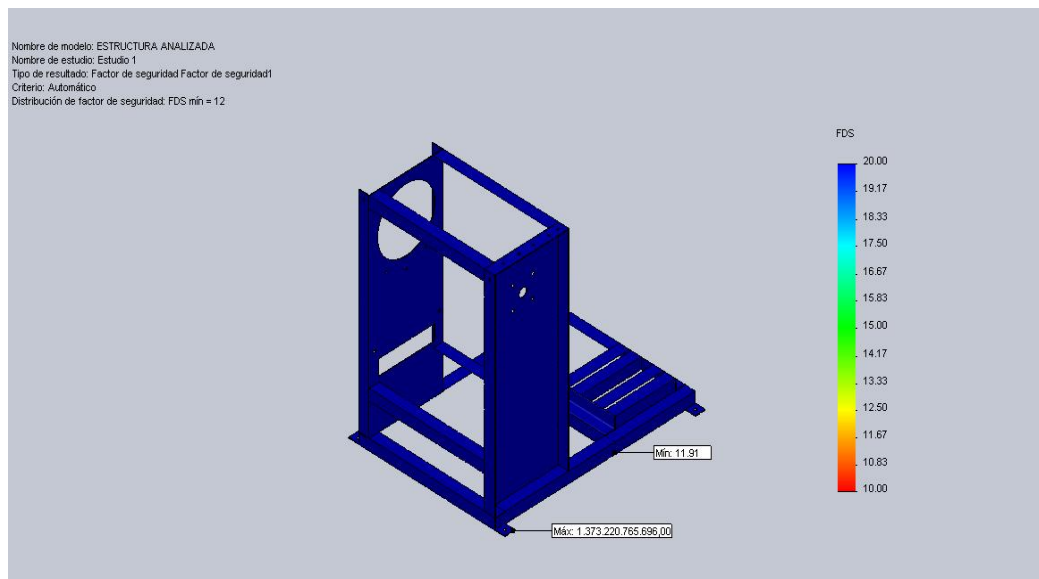
Nombre de modelo: ESTRUCTURA ANALIZADA
 Nombre de estudio: Estudio 1
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 1



Fuente: Autores.

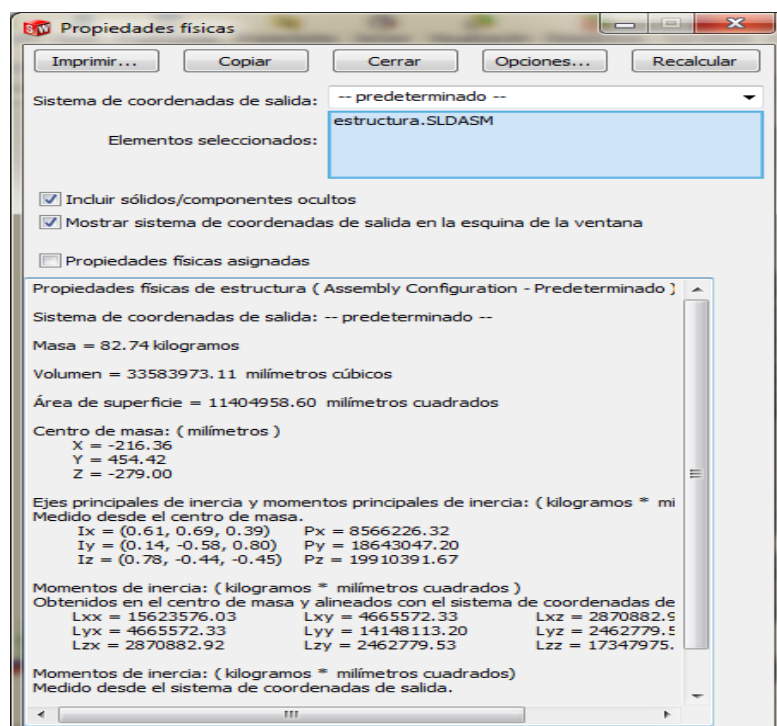
12. El factor de seguridad es otro resultado que tiene en cuenta el límite de tensión de cada componente. El factor de seguridad omite los componentes para los que no se ha definido ningún límite de tensión. Las áreas del trazado de FS con valores superiores a 100 se muestran con el color del valor 100. Si el valor máximo del factor de seguridad (FS) es inferior a 100, la escala del gráfico se ajusta desde el valor de FS mínimo al máximo

Figura 66. Factor de Seguridad.



Fuente: Autores

Figura 67. Datos de la estructura.



Fuente: Autores

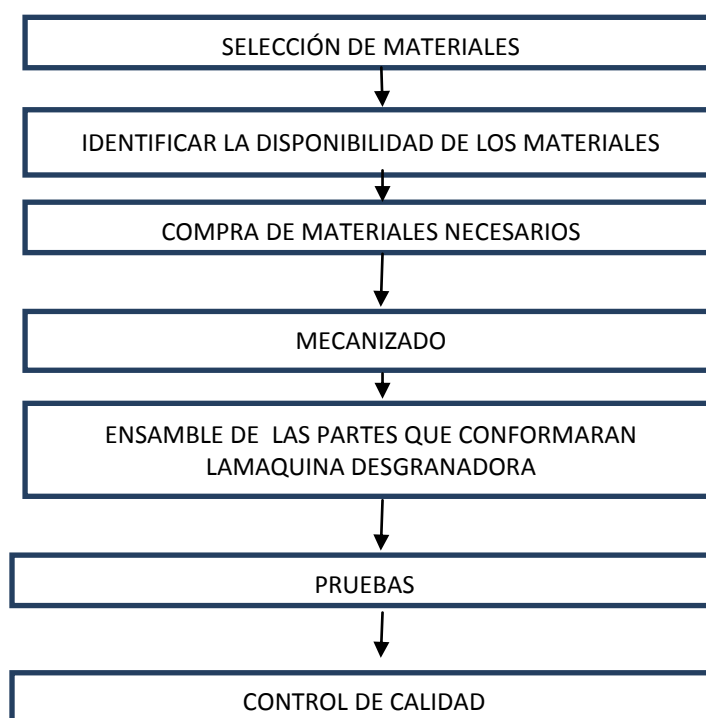
Mediante el análisis realizado con la ayuda de software, la estructura presento los resultados anteriores, dándonos un coeficiente de seguridad aproximadamente de 11.91, este coeficiente de seguridad es aceptable según condiciones de diseño, por lo que la estructura soportara adecuadamente los Esfuerzos producidos durante el funcionamiento de la máquina desgranadora de Maíz de la costa.

CAPÍTULO V

5 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA PARA EL PROCESO DE DESGRANADO DE MAÍZ DE LA COSTA.

5.1. Diseño de proceso.

DISEÑO DE PROCESO PARA LA CONSTRUCCION DE UNA MAQUINA DESGRANADORA PARA MAIZ DE LA COSTA



5.2. Análisis y ejecución de tiempos

Tabla 11. Análisis y ejecución de tiempos.

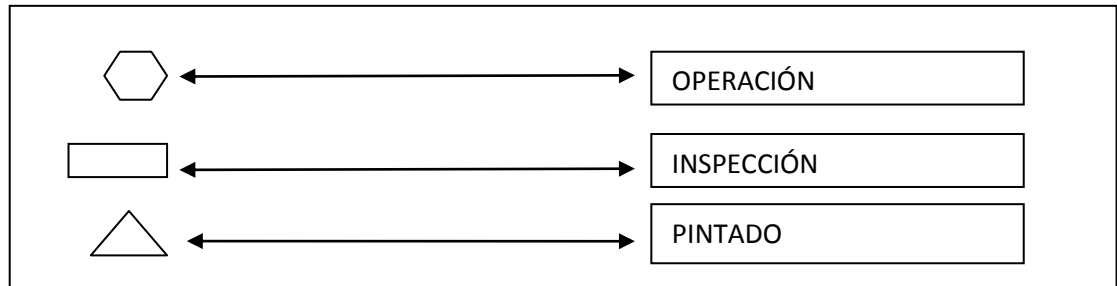
Componente o elemento de la máquina	Actividad tecnológica	Tiempo (horas)
	1.-Elaboración de la base de la maquina desgranadora	4,00
	2.-Corte y doblado de ángulos	3,50
	3.-Unión por soldadura entre ángulos	0,50
	4.-Trazado y corte de láminas para forrado lateral	1,50

Estructura	5.-Unión por soldadura de ángulos	0,50
	6.-Corte de planchas para el paso de ejes	0,30
	7.-Perforaciones con taladro para paso de tornillos , pernos , etc.	2,50
	8.-Elaboración de la base de motor de combustión	2,00
Tolva	9.-Trazado geométrico para la tolva	2,50
	10.-Corte de láminas de acero	0,50
	11.-Doblado semi cónico de la tolva	2,50
	12.-Doblado de extremos de la tolva	1,00
	13.-Union con soldadura de partes de la tolva	0,50
	14.-Esmerilado y pulido	0,50
Sistema desgranador	15.-Elaboracion del cilindro desgranador	24,00
	16.-Centrado, balanceo y colocación de chumaceras para colocación del eje.	12,00
	17.-Corte de muelas desgranadoras	2,00
	18.-Corte y colocación de cilindro en el eje	3,00
	19.-Union por suelda entre muelas y cilindro	0,50
	20.-Correccion y calibración del cilindro desgranador	12,00
Sistema separador productos	21.-Corte y trazo para el cilindro separador de: tuza, grano, impureza.	4,00
	22.-Perforaciones en la plancha para cilindro separador.	48,00
	23.-Rolado de plancha para cilindro separador.	0,15
	24.-Union con suelda para cilindro separador.	0,15
	25.-Corte en cilindro separador para alimentación de maíz.	0,30
	26.-Union con suelda entre cilindro separador y estructura de la máquina	0,10
Ventilador	27.-Elaboracion de paletas de ventilación: trazo , corte suelda, etc.	2,00
	28.-Union por suelda de paletas y soporte guía	1,00
	29.-Centrado y colocación del soporte guía para el eje.	2,00
Eje de transmisión	30.-Colocacion y centrado del eje en el torno	1,00
	31.-Refrentado	0,50
	32.-Cilindrado	2,00
	33.-Pulido y limado	1,50
	34.-Perforacion en el eje para pasadores de presión	0,30
	35.-montaje de eje con todas sus partes en la maquina	2,00
Tiempo total		140,80

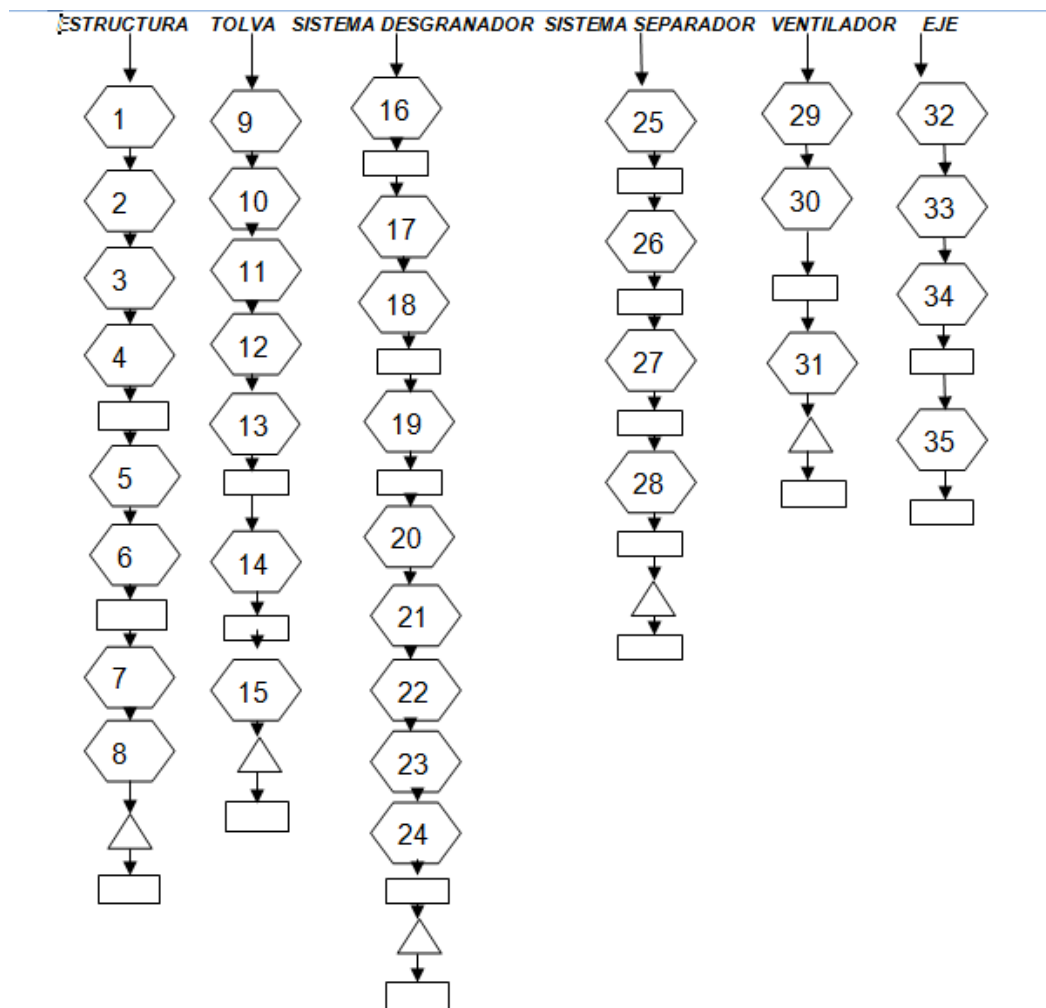
Fuente: Autores.

5.3.1 *Curso grama sinóptico de construcción.* La simbología empleada en el curso grama de construcción es la siguiente:

5.3.1 *Curso grama sinóptico de construcción.* La simbología empleada en el curso grama de construcción es la siguiente:



A continuación se detalla gráficamente las fases operacionales de construcción, para los diferentes componentes de la máquina:



5.3.2 Operación de ensamblaje. Los tiempos utilizados durante el ensamblaje de la máquina se exponen en la siguiente tabla:

Tabla 12. Ensamblaje.

Operación	Tiempo (horas)
1.-Obtencion y traslado de materiales	6,00
2.-Montaje de estructura	3,00
3.-Colocacion del sistema separador de productos	2,00
4.-Colocacion de chumaceras	3,00
5.-Montaje de ejes	4,00
6.-Colocacion del sistema desgranador	2,00
7.-Colocacion del sistema de ventilación	3,00
8.-Montaje de poleas en el eje	2,00
9.-Montaje del motor	3,00
10.-Colocacion de la base de la tolva	0,50
11.-Instalacion de la tolva	1,00
12.-Instlacion del interruptor y cable de alimentación	2,00
13.-Montaje de carcasa para protección de bandas	2,00
14.-Montaje de carcasa de la maquina	0,50
TOTAL	34,00

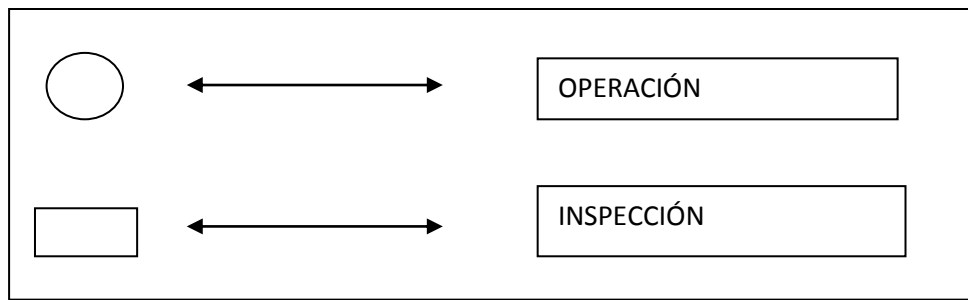
Fuente: Autores.

De las tablas (2.9 y 2.10) se determina que el tiempo total utilizado para la construcción y montaje de los componentes es:

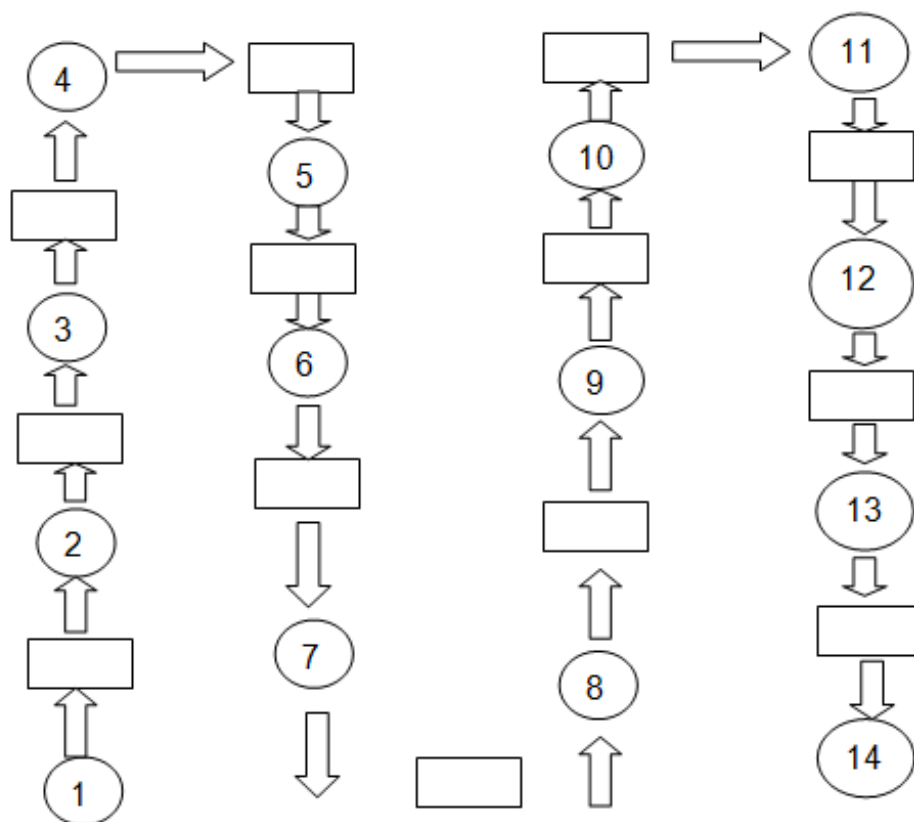
Tiempo de construcción + Tiempo de montaje = 140.80h + 34h.

En total se tiene 174.80 horas de trabajo, equivalente a 21,85 días .La jornada fue de 8 am a 18 pm de lunes a viernes, resultando un mes una semana aproximadamente.

5.3.3 Cronograma sinóptico de ensamblaje. La simbología utilizada en el curso grama de ensamblaje es la siguiente:



A continuación se detalla gráficamente las fases operacionales de ensamble con los diferentes componentes de la máquina:



5.4 Selección de materiales.

Tabla 13. Materiales.

Proceso	Designación de materiales	Espesor (mm)	Peso (Kg)	Disponibilidad	Cantidad
Poleas			2	Si	2
Estructura de la desgranadora	Plancha acero A36 (plancha lisa)	3	8	Si	1
	Angulo de acero (2* 1/8)	2	3	Si	1
	Suelda			Si	
Ventilador	Arandela o rodela	6	3	Si	1
	Aletas frontales	6	1.5	Si	16
	Aletas posteriores	6	2	Si	4
	Acero de transmisión (manzana)	6	1.75	Si	1
Eje principal	Acero de transmisión		3.5	Si	1
Cilindro desgranador	Tubo de acero	3	2.25	Si	1
	Dientes desgranadores	6	2	Si	1
Cilindro hueco	Plancha de acero (perforada)	6	5	Si	1
Tolva	Plancha de acero	3	10		2
Tapas y carcasa	Plancha de acero	3	30	Si	1
Total	Conjunto		174		33

Fuente: Autores.

5.4. Construcción y ensamblaje de la máquina

5.5.1 Máquinas y herramientas utilizadas.

Tabla 14. Maquinaria y herramientas.

DESIGNACIÓN	MÁQUINAS Y EQUIPOS	ESPECIFICACIONES
M1	Esmeril	Potencia: 3/4 HP
		Velocidad: 3400RPM
M2	Amoladora	Potencia: 3/4 HP
		Velocidad: 0-100/300 RPM
M3	Taladro de mesa	Potencia: 1 HP
		Velocidad: 1745 RPM
M4	Torno paralelo	Potencia: 3 HP
		Velocidad: 3-400 RPM
M5	Soldadora Eléctrica	Amperaje: 225 A
		Voltaje: 240
M6	Soldadora oxiacetilénica	Capacidad: 2500 lb/h
		Cap. de corte hasta 25 mm
M7	Dobladora de planchas	Longitud: 1.80 m
		Fuerza máxima: 60kgf
M8	Cortadora de planchas	Longitud: 2.4 m
		Fuerza máxima: 120 Kgf
M9	Compresor	Potencia: 1HP
		Velocidad : 0-1750 RPM
		Presión máxima: 0-60 Psi
M10	Prensa hidráulica	Potencia : 3HP
		Presión Máxima : 0-300 bar
M11	Cizalla	Capacidad de corte: 3mm
		Longitud de corte: 0.4m
M12	Cierra manual	Dientes finos
M13	Taladro de mano	Potencia : 1050 W
		Velocidad : 0-100/1750RPM

M14	Dobladora de perfiles	Longitud: 1.65 m
		Fuerza máxima: 80Kgf

Fuente: Autores

Tabla 15. Herramientas y accesorios empleados en la construcción

DESIGNACIÓN	HERRAMIENTA
H1	Calibrador
H2	Flexómetro
H3	Escuadra
H4	Rayador
H5	Compas
H6	Apuntador
H7	Nivel
H8	Entenalla
H9	Arco de sierra
H10	Limas
H11	Llaves
H12	Martillo
H13	Brocas
H14	Playo de presión
H15	Llave de tubo
H16	Tijera
H17	Estilete
H18	Alicate
H19	Combo
H20	Yunque

Fuente: Autores

5.5. Guía de operación y mantenimiento

5.6.1. Guía de operación.

5.6.2 Mantenimiento. Para evitar posibles daños o averías en la máquina, es necesario realizar mantenimiento periódico de la máquina; esto es posible aplicando el mantenimiento preventivo, esto quiere decir. “Inspeccionar y reparar la máquina antes de que sufra alguna avería”.

Recomendaciones fabricante.

Aceite

- Revise el nivel de aceite regularmente: llene hasta la marca en la bayoneta.
- Cambie el aceite después de las primeras 5 horas, luego cada 50 horas o cada temporada.
- Dar servicio con mayor frecuencia bajo condiciones polvorientas y de carga pesada.
- Revise el nivel de aceite. Cada 5 horas Cada 25 horas o cada temporada Cada 50 horas o cada temporada Cada 100 horas o cada temporada
- No llene en exceso.
- Sobre los 40°F (4°C), use aceite SAE 30 de Briggs & Stratton.
- Cambie el aceite transcurridas las primeras 5 horas de uso, luego cada 50 horas o al inicio de la temporada.

Filtro de aire

- Reemplace los filtros de aire con partes originales por lo menos una vez por temporada, o más frecuentemente bajo condiciones polvorientas.
- Utilice siempre filtros de aire de Briggs & Stratton para asegurar un desempeño óptimo y una máxima protección para su motor.

Gasolina

- Use gasolina sin plomo, limpia y fresca. No use E85.
- No mezcle aceite con gasolina.
- Utilice estabilizador de combustible plus de Briggs & Stratton para asegurar la frescura de la gasolina y un fácil arranque.

Bujía

- Reemplace la bujía al inicio de cada temporada de corte del pasto y/o cada 100 horas de uso.
- Utilice bujías recomendadas por Briggs & Stratton.

Almacenamiento

- Utilice estabilizador de combustible plus de Briggs & Stratton para evitar que la gasolina se vuelva rancia durante el período de almacenamiento.
- Drene el aceite del motor y vuelva a llenar.
- Vierta ½ onza (14 ml) de aceite en el agujero de la bujía.
- Reemplace la bujía y vire el motor lentamente.
- Limpie cualquier suciedad y pasto del motor y almacénelo en un área limpia y seca.

5.6.2.1 *Periodos de mantenimiento.* En época de desgrane de maíz, se estima que la máquina debe funcionar de 5 a 8 horas diarias aproximadamente.

De acuerdo a este nivel de trabajo, la desgranadora debe tener inspección diaria, semanal, mensual y semestral.

5.6.2.1.1 *Inspección diaria.*

- Durante el funcionamiento, se produce un cierto nivel de vibración, la misma que puede aflojar los pernos y tornillos de la desgranadora. Se debe realizar una observación para revisar que todos los elementos de las diferentes juntas se encuentren lo suficientemente ajustados, para evitar posteriores daños y desbalance de la máquina.
- Realizar continuas observaciones hacia los lugares por los cuales se desechan los desperdicios para evitar la acumulación de los mismos, y así evitar un mal funcionamiento de la desgranadora.
- Comprobar cada 60 minutos la temperatura en el motor para evitar un sobrecalentamiento del mismo.

5.6.2.1.2 *Inspección semanal.*

- Realizar una limpieza de la máquina para retirar posibles acumulaciones de polvo o desperdicios, para este proceso se puede utilizar una brocha o un soplete.
- Realizar inspecciones al motor para controlar nivel de aceite, tensión de las bandas, limpieza del mismo.

5.6.2.1.3 Inspección mensual.

- Realizar un control de los rodamientos y lubricarlos para obtener su máximo rendimiento en un mayor tiempo de vida útil, recomendable utilizar aceite SAE40.
- Inspeccionar, y realizar reajustes de bandas, conexiones del motor, posición de poleas etc.

5.6.2.1.4 Inspección Semestral.

- Se realizara una inspección dos meses antes de la cosecha para prever, reparar y optimizar la desgranadora si así fuese necesario.
- Si requieren cambios en los elementos, se deberá desmontar cuidadosamente la desgranadora.
- Cambiar bandas de transmisión para mejorar rendimiento de la desgranadora.

5.6.2.2 Operación de desmontaje. El desmontaje debe realizarse siguiendo el siguiente procedimiento:

1.- Se debe disponer de las siguientes herramientas:

- Llaves normalizadas de 14,19 ,15 mm.
- Llaves de copa de 19, 14 mm.
- Juego de llaves hexagonales de prisionero.
- Llave inglesa.
- Playo de presión.
- Aceite de lubricación etc.

2.-Desmontar la tolva conjuntamente con su base.

3.-Desmontar la carcasa protectora de banda.

4.-Sacar las bandas, poleas y motor combustión interna.

5.-Quitar pasadores presentes en el eje y sistema desgranador.

6.-Desmontar el sistema desgranador.

7.-Desarmar el sistema separador de productos (ventilador con su respectiva carcasa).

5.6.3 Lubricación. La lubricación es importante en cojinetes y engranes, para reducir el desgaste y calentamiento que son producidos por la fricción presente entre superficies.

El área que requiere lubricación no es muy grande así que, no se requiere realizar una planificación tan detallada para la misma.

Para realizar la lubricación seguimos el siguiente procedimiento:

- 1.-Desmontamos la carcasa de poleas, del ventilador y por último la tolva.
- 2.- Retiramos residuos e impurezas atascadas en el cilindro perforado.
- 3.-Engrasamos las chumaceras.
- 4.-Retiramos residuos e impurezas presentes en el ducto del ventilador.
- 5.-Con gasolina limpiamos las partes que las requieran.
- 6.-El cambio de aceite en el motor se recomienda hacerlo cada 500 horas de uso, se debe utilizar un aceite SAE 40 por recomendación del fabricante (Anexo Y).

CAPÍTULO VI

6. ANÁLISIS DE COSTOS

6.1. Análisis de costos

El análisis de costos está basado en tres parámetros fundamentales, estos son:

- Costos directos.
- Costos indirectos.
- Costos ingenieriles.

6.1.1 *Costos Directos.* Los costos directos son todos los gastos que se requieren en cuanto a materiales para la construcción de la máquina desgranadora, mano de obra, equipos o maquinaria, transporte.

6.1.1.1 *Costos de materiales.*

Tabla 16. Costos de materiales.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
4	Chumaceras de pared de ½"	12,50	25,00
1	Eje de transmisión	25,00	25,00
1	Angulo 2 x 1/8"	21,39	21,39
1	Tubo de acero	30,00	30,00
1	Plancha de acero de 3mm	87,00	87,00
1	Plancha de acero de 2mm	57,00	57,00
70	Electrodos 6011	0,12	8,40
10	Electrodos 7018	0,18	1,80
1	Polea para el motor	30,00	30,00
1	Polea para el eje	50,00	50,00
1	Banda tipo A33	4,00	4,00
1	Banda tipo A32	4,00	4,00
1	Plancha de acero 6mm	40,00	40,00
8	Tuercas 9/16"	0,45	3,57

8	Pernos 9/16 x 1 ½ “	0,54	4,29
7	Pernos 5/16 x 7	0,30	1,87
2	Pasadores prisioneros	2,235	4,47
7	Pernos 3/8	0,44	3,12
7	Pernos 5/16 x 7	0,30	1,87
2	Pernos ½”	0,50	1,00
1	Litro de pintura anticorrosiva	6,00	6,00
1	Litro de pintura de fondo	6,00	6,00
2	Litros de tiñer	1,50	3,00
1	Motor combustión interna 16HP	1,164	1,164
6	Pernos hexagonales 14 mm	0,50	3,00
1	Tubo de 3”	15,00	15,00
SUBTOTAL A			1575,00

Fuente: Autores.

6.1.1.2. Costos de mano de obra.

Tabla 17. Costo de mano de obra

DESCRIPCIÓN	CAT.	SALARIO/HORA	HH	SUBTOTAL
Soldador	I	3,50	15	52,50
Tornero	I	3,50	21,5	72,25
Maestro mecánico	I	3,50	70	245,00
SUBTOTAL B				369,75

Fuente: Autores.

6.1.1.3 Costos de equipos y herramientas.

Tabla 18. Costos de equipos y herramientas.

DESCRIPCIÓN	COSTO/HORA	HORAS USO	SUBTOTAL
Taladro pedestal	2,00	1,75	3,50
Soldadora eléctrica	3,50	4,75	16,625
Torno	9,00	8,25	74,25
Broca	0,56	15,35	8,596
Dobladora de tol	1,00	2,25	2,00
Cortadora de plasma	2,45	2,00	4,90
Cizalladora	0,70	1,25	0,875
Esmeril	1,50	3,00	4,50
Machuelo	0,70	1,00	0,70
Flexómetro	0,15	10,00	1,50
Sierra manual	0,78	3,00	2,34
Roladora	1,80	0,50	0,90
SUBTOTAL C			\$120,68

Fuente: Autores

6.1.1.4 Costos por transporte de materiales. El costo de transporte de materiales es de 20 dólares ya que los materiales se compraron en diferentes lugares.

6.1.1.5 Costos directos

Tabla 19. Costos directos.

DESCRIPCIÓN	PRECIO (\$)
MATERIALES	1575,00
MANO DE OBRA	369,75
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	120,68
TRANSPORTE	20,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS	\$ 2065,43

Fuente: Autores

6.1.2 Costos indirectos

6.1.2.1 Costos ingenieriles

Tabla 20. Costos ingenieriles

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
24	Investigación Internet	0,80	19,20
1	Impresión de planos	30,00	30,00
3	Supervisión	60,00	180
4	Diseño	35,00	140
SUBTOTAL D			369,20

Fuente: Autores.

Tabla 21. Costo indirecto.

COSTOS	PRECIO TOTAL \$
Costos ingenieriles	369,20
Utilidad	0
TOTAL	369,20

Fuente: Autores

6.1.3 Costos totales. El costo total es la suma de costos directos y costos indirectos.

Tabla 22. Costos totales.

COSTOS DIRECTOS	2065,40
COSTOS INDIRECTOS	369,20
TOTAL	\$ 2434,60

Fuente: Autores

El costo total de la máquina desgranadora de maíz de la costa es de \$ 2434,60 (Dos mil cuatrocientos treinta y cuatro dólares americanos con sesenta centavos).

6.1.4 Depreciación. Es la disminución de su precio, debido a diferentes condiciones que presenta la máquina debido a su utilización.

Las máquinas presentan un 10% de depreciación anual.

La vida útil de una máquina o de una herramienta está comprendida aproximadamente en 10 años.

Por lo tanto $100\%/10 = 10\%$ ya que la máquina disminuye su costo en una décima parte cada año.

6.1.4.1 Cálculo de la depreciación. Para poder calcular la depreciación debemos considerar los siguientes parámetros.

- Vida útil de la máquina
- Valor de salvamento
- El método a aplicar

Para nuestra máquina se tomara en cuenta una vida útil de 7 años.

6.1.4.2 Valor de salvamento.

$$V_{\text{salvamento}} = V_{\text{inicial}} - \frac{V_{\text{inicial}} * n}{N} \quad (97)$$

Donde:

$$V_{\text{salvamento}} = \text{Valor de salvamento } \$$$

$$V_{\text{inicial}} = \text{Costo inicial de la máquina } \$$$

$$n = \text{Tiempo de vida útil de la máquina } 7 \text{ años}$$

$$N = \text{Tiempo de depreciación en } 10 \text{ años.}$$

Remplazando en la ecuación (97) tenemos que:

$$V_{\text{salvamento}} = 2434,60 - \frac{2434,60 * 7}{10}$$

$$V_{\text{salvamento}} = 730,38 \$$$

6.1.4.3 Método de la línea recta. Se aplica este método ya que es el más sencillo y el más utilizado por las empresas, consiste en:

$$D_{anual} = \frac{V_{inicial} - V_{salvamento}}{n} \quad (98)$$

Remplazando en la ecuación (98) tenemos que:

$$D_{anual} = \frac{2434,60 - 730,38}{7}$$

$$D_{anual} = \$ 243,4$$

Tabla 23. Depreciación anual de la máquina.

TIEMPO/AÑOS	DEPRECIACIÓN ANUAL (\$)
1	2434,60-243,46=2191,14
2	2191,14-243,46=1947,68
3	1947,68-243,60=1704,22
4	1704,22-243,60=1460,62
5	1460,62-243,60=1217,02
6	1217,02-243,60=973,42
7	973,42-243,60=729,82

Fuente: Autores.

El valor de salvamento en 7 años de vida útil es 729,82 (setecientos veinte y nueve dólares americanos con ochenta y dos centavos), y su depreciación corresponde a 1704,78 (mil setecientos cuatro dólares americanos con setenta y ocho centavos).

6.1.4.4 Determinación del costo de combustible.

Según (Anexo 2) el consumo de nuestro motor es de 4,2 lt/hora.

$$C_{diario} = 4,2 \frac{\text{lt}}{\text{hora}} * N_h \quad (99)$$

Donde:

C_{diario} = Consumo diario de combustible

N_h = Número de horas que trabaja la máquina

Remplazando en la ecuación (99) tenemos que:

$$C_{\text{diario}} = 4,2 \frac{\text{lt}}{\text{hora}} * 8 \text{ hora}$$

$$C_{\text{diario}} = 33,6 \text{ lt diariamente.}$$

El costo de un galón de combustible (gasolina extra) es de:

$$\text{Costo}_{\text{galon extra}} = \$ 1,48$$

Un galón tiene 3,875 litros por lo tanto tenemos que:

$$\text{Costo}_{\text{litro}} = \frac{\$ 1,48}{3,875 \text{ lt}} * 33,6 \text{ lt} = 16.86 \text{ Dolares diarios}$$

Ya que la cosecha del maíz se da dos veces cada año, el costo por año equivale al costo de los días de uso durante la cosecha, aproximadamente son 15 días de uso.

$$\text{Consumo}_{\text{anual}} = 16.86 \text{ dolares} * 15 \text{ dias}$$

$$\text{Consumo}_{\text{anual}} = 253 \text{ dolares .}$$

El costo de mantenimiento de la máquina anualmente no sobrepasa los 40 dólares.

6.1.4.5 Determinación del beneficio de producción. Para determinar este beneficio tenemos que realizar un estimativo mensual y tener una proyección a futuro.

Asumiremos un beneficio mensual de 150 dólares.

$$B_{\text{anual}} = B_{\text{mensual}} * t \quad (100)$$

Donde:

$$B_{\text{anual}} = \text{Beneficio anual}$$

$$B_{\text{mensual}} = \text{Beneficio mensual}$$

t= Tiempo en meses.

Remplazando en la ecuación (100) tenemos que:

$$B_{\text{anual}} = \$150 * 12 \text{ meses}$$

$$B_{\text{anual}} = \$ 1800$$

Un estimativo de beneficio anual es de 1800 dólares americanos.

6.2 Cálculo del TIR y el VAN

Ingresos

$$B_{\text{anual}} = \$1800$$

$$V_{\text{salvamento}} = \$730,38$$

Egresos

$$C_{\text{máquina}} = 2434,60$$

$$\text{Consumo}_{\text{anual}} = 192 \text{ dólares.}$$

$$\text{Mantenimiento anual} = 40 \text{ dólares.}$$

Figura 68. Ingresos y egresos por año.



Fuente: Autores.

6.2.1 Cálculo del VAN (Valor Actual Neto). El Van es calculado a partir de un flujo de caja anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente originados por una inversión para ver cuán factible es un proyecto por medio del cálculo del TIR (Tasa interna de retorno).

$$VAN = 1800 \left(\frac{P}{A}; \%; n \right) + 730,38 \left(\frac{P}{F}; \%; n \right) - (253 \left(\frac{P}{A}; \%; n \right) + 2434,60) \quad (101)$$

Donde:

VAN= Valor Actual neto en dólares

P/A= Coeficiente del valor presente de una distribución uniforme

P/F = Coeficiente del valor presente de una cantidad futura

% = Porcentaje a calcular

n = Tiempo en años

Remplazando en la ecuación **(101)** tenemos que:

i= 4%, n=7

(Anexo X)

$$\text{VAN}= 1800(6,0021)+730,38(0,7599)-(253(6,0021)+2434,60)$$

$$\text{VAN}=7405,66$$

i=20%, n=7

$$\text{VAN}= 1800(3,6046)+730,38(0,2791)-(253(3,6046)+2434,60)$$

$$\text{VAN}=3345,56$$

i=30%, n=7

$$\text{VAN}= 1800(2,8021)+730,38(0,1594)-(253(2,8021)+2434,60)$$

$$\text{VAN}= \$1567,14$$

i=40%, n=7

$$\text{VAN}= 1800(2,2628)+730,38(0,0949)-(253(2,2628)+2434,60)$$

$$\text{VAN}= \$735,26$$

i=50%, n=7

$$\text{VAN}= 1800(1,8829)+730,38(0,0585)-(253(1,8829)+2434,60)$$

$$\text{VAN}= \$-127$$

6.2.2 Cálculo del TIR (Tasa Interna de Retorno). Es la tasa de interés por medio de la cual se recupera la inversión y está en función del Valor Anual Neto.

$$\text{TIR} = i\% + \Delta i\% \left(\frac{\text{VAN}^+}{\text{VAN}^+ + \text{VAN}^-} \right) \quad (102)$$

Donde:

TIR= Porcentaje tasa interna de retorno.

$\Delta i\%$ = Variación del porcentaje entre cantidad positiva y negativa)

$i\%$ = Porcentaje último de la variación de cantidades.

VAN^- = Valor actual neto de la cantidad negativa

Remplazando en la ecuación **(102)** tenemos que:

$$TIR = 50\% + 10\% \left(\frac{735,26}{735,26 + 127} \right)$$

$$TIR = 58,52\%$$

La tasa de interés activa vigente para el año 2012 es de 12,44 %, para un monto mínimo de \$3000 hasta \$20000.

A continuación comparamos el TIR con el interés activo vigente y tenemos que:

Si $TIR < \%$ vigente el proyecto no es aconsejable

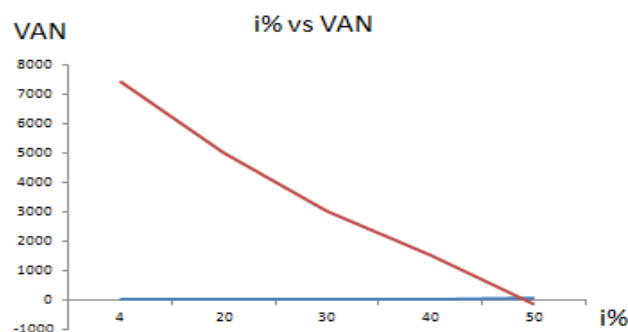
Si $TIR = \%$ vigente el proyecto es indiferente

Si $TIR > \%$ vigente el proyecto es aconsejable

Como:

58,52% es > que 12,44 %, entonces el $TIR > \%$ vigente, por lo tanto la máquina para el proceso de desgranado de maíz de la costa es viable.

Figura 69. $i\%$ vs VPN



Fuente: Autores.

CAPÍTULO VII

7 PRUEBAS

7.1 Pruebas de desgranado de maíz

Antes de realizar las pruebas de desgrane de maíz de la costa, primeramente se debe realizar una última verificación en cuanto a control de calidad para estar seguros de que la máquina está correctamente ensamblada, esta verificación nos servirá para que la máquina no sufra daños mientras se realizan las pruebas.

El parámetro esencial para determinar la eficiencia de la máquina en cuanto a tiempo y costos es el maíz.

Se realizara una comparación entre el desgrane a mano y el desgrane realizado por la máquina desgranadora de maíz de la costa.

- Medimos la cantidad de maíz duro de la costa, desgranado a mano en qq/hh.
- Medimos la cantidad de maíz duro de la costa, desgranado con la máquina en qq/hh.
- Se realiza una comparación entre desgranado a mano y desgranado por la máquina.
- Determinaremos el porcentaje de maíz que se rompe tanto por desgranado a mano y por desgranado con la máquina desgranadora.

7.1.1 *Prueba de desgrane a mano*

- El procedimiento a seguir es que, se desgranara maíz duro de la costa a mano, durante 6 minutos, para posteriormente pesar la cantidad de granos que se lograron desgranar en gramos.
- Tabulamos los datos en función de las unidades de qq/hh.

7.1.2 *Prueba de desgrane con la máquina*

- Se realizara el siguiente procedimiento.
- Desgranamos el maíz duro de la costa durante 3 minutos.
- Pesamos los granos que se desgranaron en libras.
- Realizamos un análisis proporcional en qq/hh y tabulamos los datos obtenidos.
- Analizaremos la rentabilidad de la máquina.
- Realizamos un análisis económico entre el desgranado con máquina y a mano.

7.1.3 Resultados de desgrane

7.1.3.1 Tabulación de datos con pruebas de desgranado a mano

Tabla 24. A mano con peso en función de tiempo.

Tipos	Tiempo de desgrane (min)	Cantidad de maíz desgranado (lb)	Tiempo de desgrane (h)	Cantidad de maíz desgranado (qq)	Cantidad de maíz roto por qq desgranado (lb)
Maíz duro de la costa	6	1.4	1	0.3=1/3	0

Fuente: Autores.

7.1.3.2 Tabulación de datos con pruebas de desgranado con la máquina

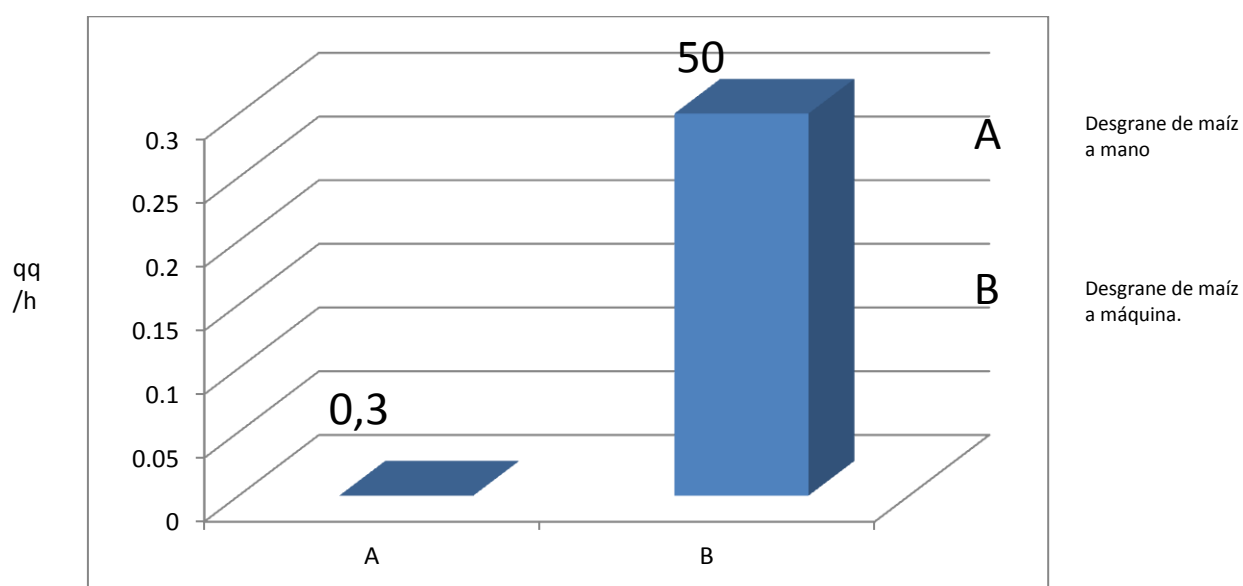
Tabla 25. Tabulación desgrane con máquina.

Tipos	Tiempo de desgrane (min)	Cantidad de maíz desgranado (lb)	Tiempo de desgrane (h)	Cantidad de maíz desgranado (qq)	Cantidad de maíz roto por qq desgranado (lb)
Maíz duro de la costa	2	189.336	1	50	0.3

Fuente: Autores.

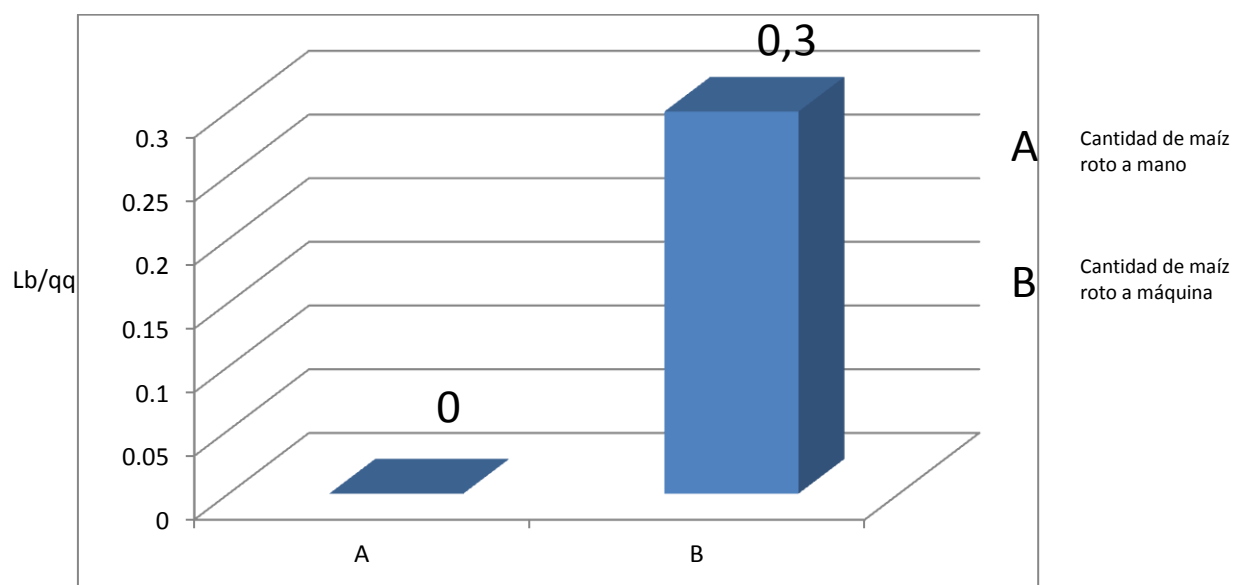
En el siguiente grafico se detalla la comparación de desgrane a mano y máquina.

Figura 70. Capacidad de desgrane (qq/hh) en función del tipo de desgrane.



Fuente: Autores.

Figura 71. Rompimiento de grano en lb/qq de maíz desgranado.



Fuente: Autores.

Para analizar la rentabilidad de la máquina se hace referencia a la siguiente ecuación:

$$U_{rend} = \left(1 - \frac{G_R}{G_S}\right) * 100\% \quad (103)$$

Donde:

G_R : es la cantidad de granos rotos en libras de 1 qq de maíz desgranado.

G_S : es la cantidad de granos sanos en libras de 1 qq de maíz desgranado.

U_{rend} : Rendimiento de la máquina desgranadora en %.

Al remplazar en la ecuación (103) tenemos que:

$$U_{rend} = \left(1 - \frac{0.3}{101.13}\right) * 100\%$$

$$U_{rend} = 97.04 \%$$

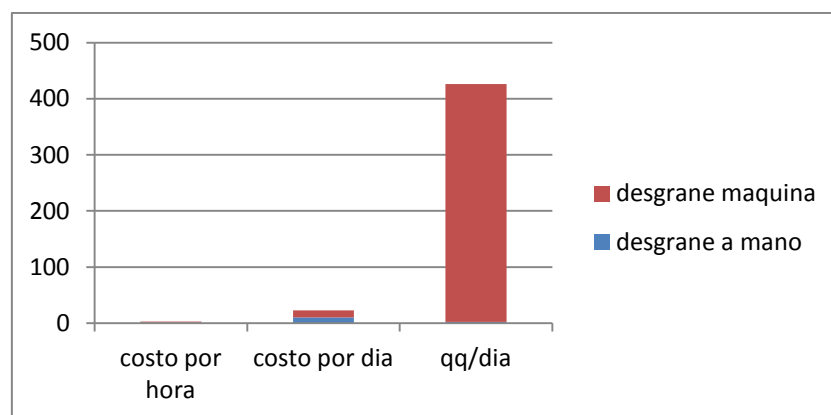
Análisis económico entre desgranado a mano y desgranado con máquina.

Tabla 26. Costos comparativos de desgrane a mano y máquina.

Fuente	Producción de desgrane promedio	Costo	Costo total
Máquina desgranadora con motor a gasolina.	53 qq/h aproximadamente	Pago de gasolina es de 1.6 \$/h	Por ocho horas de trabajo al día el costo es de 12.86 \$
Desgrane a mano	0.3 qq/h	Pago de un obrero 1.25 \$/h	Por ocho horas de trabajo al día el costo es de 10\$

Fuente: Autores.

Figura 72. Comparación de cantidad de desgrane.



Fuente: Autores.

7.2 Pruebas de resistencia

Se realizaron pruebas durante varios lapsos de tiempo, para comprobar que tipo de eventualidades se podrían presentar en la máquina.

Se realizó una inspección total de la máquina, realizando un análisis por cada elemento que constituye la máquina desgranadora de maíz de la costa.

- Se analizó los siguientes parámetros.
- Desgaste en las muelas de desgrane.
- Desajuste de pernos debido a vibración.
- Desbalance de ventilador y tornillo de desgrane.
- Verificación de partes soldadas.
- Tensión de poleas.
- Funcionamiento de chumaceras.
- Resistencia de chavetas.
- Resistencia de estructura que soporta la máquina y cada uno de sus elementos.

Después de analizar cada uno de estos parámetros se pudo confirmar el correcto funcionamiento de la máquina desgranadora, y de cada uno de sus elementos.

Además se comprobó que todos los elementos resisten correctamente de acuerdo las consideraciones de diseño y ninguna de las mismas sufrió ningún tipo de avería o desgaste.

7.3 Control de calidad general

Para el control de calidad en esta máquina se realizó el desmontaje de la máquina, para mediante inspección visual tener una apreciación más precisa, sobre los cambios que eventualmente pudo sufrir la desgranadora después de las pruebas que se le realizaron.

Pasos que se realizaron para realizar el control de calidad general.

- Desmontaje de tolva
- Desmontaje de soporte del ventilador.
- Desmontaje de carcasa de ventilador
- Desmontaje de eje dentado de desgrane.
- Desmontaje de bandas y poleas.

- Inspección visual de posibles desgastes o agrietamientos en cada uno de los elementos que conforman la máquina.
- Verificación de que no se hallan cizallado los pernos que unen los elementos de la máquina desgranadora de maíz de la costa
- Inspección de la cantidad de residuos presentes en el interior de la máquina.
- Verificación del funcionamiento de las chumaceras.
- Montaje de los diferentes elementos que conforman la máquina.
- Correcto centrado, balanceo y ajuste de los elementos de la máquina.
- Encendido y puesta en marcha de la máquina desgranadora de maíz de la costa.

Después de haber seguido los pasos antes mencionados se pudo apreciar claramente que la máquina está en perfectas condiciones y que no sufrió ningún tipo de desperfecto durante el periodo de pruebas.

CAPÍTULO VIII

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

8.1 Conclusiones

- La máquina desgrana maíz duro de la costa tal como lo indican las pruebas.
- La máquina cumple satisfactoriamente con los requerimientos del (Anexo Y) en el cual exige que el rompimiento sea como máximo el 2%.
- La máquina presenta gran facilidad en su mantenimiento, ya que está compuesta por varias partes desmontables, y de esta manera tendremos gran accesibilidad a la sección interior de la misma.
- El análisis de características tanto técnicas como mecánicas facilitó el dimensionamiento, funcionamiento, diseño y construcción de la máquina.
- Mediante las pruebas se logró demostrar el ahorro y eficiencia que nos brinda esta desgranadora en comparación con el desgrane a mano.
- El diseño y la construcción de esta máquina nos permitió profundizar y experimentar en su totalidad nuevos conocimientos en referencia a manejo de herramientas y aplicación de fundamento de Diseño de elementos de Máquinas para justificar y comprobar que tanto el dimensionamiento y tipo de materiales en las diferentes partes de la máquina son los correctos.

8.2 Recomendaciones

- Antes del encendido de la máquina verificar que todos sus elementos estén correctamente ubicados y con el ajuste adecuado.
- Inspeccionar el interior de la máquina para evitar la presencia de elementos que impidan el correcto funcionamiento de la máquina desgranadora.
- Tomar muy en cuenta las recomendaciones en cuanto a mantenimiento que se detallan en la presente tesis, para de esta manera logran mayor tiempo de vida útil en la máquina desgranadora.
- La presente tesis, puede servir como referencia para que futuras tesis permitan, mejorar el tamaño, el peso, la eficiencia y costos de materiales de la máquina para el proceso de desgranado de maíz de la costa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] <http://aeiagro.galeon.com/aficiones1553013.html>
- [2] http://es.wikipedia.org/wiki/Ma%C3%ADces_ecuatorianos
- [3] <http://www.slideshare.net/estudiantesaccion/maiz-presentation>
- [4] http://t2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQPK_v0Fm7ENgmhO_f5z9FK
- [5] <http://www.fao.org/docrep/X5027S/x5027S02.htm>
- [6] Ir. Berlin, Johan; Manuales para educación Agropecuaria: Cosechadora de granos, pág. 31,32, Editorial MIR, Moscú ,1986.
- [7] CAÑADO, Isidoro; Tecnico en Agricultura I, Editorial Cultura S.A. , Madrid, 2002.
- [8] BATURING, G.J; Fundamentos de Ventilacion industrial, pag:327, Editorial Mir, Moscu , 1989.
- [9] http://www.espatentes.com/pdf/1002537_u.pdf
- [10] CHERKASSKI, V.M; Bombas, ventiladores y compresores, Pág. 30-116,
Editorial Mir, Moscú, 1986
- [11] GREENE, Richard; Compresores: Selección, uso y Mantenimiento, Pág. 246-247.
Editorial Mac Graw Hill, México, 1989.
- [12] BATURIN, G.J; Fundamentos de Ventilación Industrial, Pag.327,
Editorial Mir,Moscú,1989.
- [13] MASANA, José; Ventiladores y Turbocompresores, pag 30-116,
Editorial Mir,Moscú,1986.
- [14] <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/108/7/Capitulo2.pdf>

BIBLIOGRAFÍA

JUVINAL I, Robert; “Fundamentos de Diseño para Ingeniería Mecánica”,

Editorial Limusa S.A, México 1991.

JOSEPH EDWARD SHIGLEY, “Diseño en ingeniería mecánica”,

Cuarta edición. Editorial. Printed in México.

ROBERT L NORTON (1999), “Diseño de Máquinas”

Tercera edición. Editorial. Prenticehall México.

ROBERT L MOTT (2006), “Diseño de Elementos de Máquinas”, Tercera edición.

Editorial Pearson Education México.

HERRERA E. LUIS, MEDINA F. ARNALDO, NARANJO L. GALO (2008), “Tutoría de la Investigación Científica”

Editorial Empresdane Gráficas Cía. Ltda. Quito.

HERRERA L (2004), “Tutoría de la Investigación Científica”.

Editorial Dimero Quito -Ecuador.

VALDERRAMA L (2000), “Pasos para elaborar Proyectos y Tesis de Investigación Científica”.

Editorial San Marcos Lima Perú.

HERNÁNDEZ H, José Eugenio, “Manejo post cosecha de granos a nivel del pequeño Agricultor”

Universidad Nacional de Colombia.

Direcciones provinciales y de las agencias de servicio agropecuario del MAGAP
año 2006.

LINKOGRAFÍA

TIPOS DE MAÍZ

<http://aeiagro.galeon.com/aficiones1553013.html>

http://es.wikipedia.org/wiki/Ma%C3%ADces_ecuatorianos

<http://www.slideshare.net/estudiantesaccion/maiz-presentation>

2011-10-05

COSECHADORA DE MAÍZ JM350

<http://www.jumil.com.br/spanish/productos/cosecha/item/6-colhedora-de-milhojm350/-jm360g>

2011-11-06

DISEÑO MECÁNICO

www.imem.unavarra.es/web_imac/pages/.../apuntes_tema2.pdf

2011-11-06

TORQUE Y POTENCIA

<http://www.automotriz.net/tecnica/torque.html>

2011-12-12

ESTRUCTURAS

<http://www.estructurasmetalicas.net/>

2011-12-12

ETAPAS PARA EL DISEÑO

www.mitecnologico.com/mecatronica/Main/ToeriaDeFallas

2011-12-12

METODOS DE COSECHA Y DESGRANADO DEL MAÍZ DURO

<http://sleekfreak.ath.cx:81/3wdev/HLTHES/PC/M0035S/M0035S0Z.HTM126>

2012-01-25

SISTEMAS PARA DESGRANAR EL MAÍZ

http://www.proinder.gov.ar/Productos/Hipermedia/contenidos/ta2/Archivos/fichas/transformacion/ficha_079.htm

2012-01-28

PRODUCTIVIDAD

www.bscgla.com/04.../00010.%20Productividad/Productividad.pdf

2012-01-28

VENTILADORES.

www.ventiladorradial.com/inpho/htm#presión/wiesmann.htm

2012-02-10